

**UJI PARAMETER MARSHALL DENGAN
VARIASI PENAMBAHAN PLASTIK POLIAMIDA PADA ASPAL BETON
AC-WC (ASPHALT CONCRETE-WEARING COURSE)**



Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar Sarjana Sains
Jurusan Fisika Fakultas Sains Dan Teknologi
UIN Alauddin Makassar

Oleh

SUDARMAN
60400116006

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI ALAUDDIN MAKASSAR
2020**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Mahasiswa yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sudarman

Nim : 60400116006

Tempat/tanggal lahir : Sebatik/ 03 Maret 1998

Jurusan : Fisika

Fakultas : Sains dan Teknologi

Alamat : Jl. Letjen Hertasning BTN Minasaupa, Makassar

Judul : Uji Parameter Marshall dengan Variasi Penambahan Plastik
Poliamida pada Aspal Beton (AC-WC)

Menyatakan dengan sesungguhnya dan penuh kesadaran bahwa skripsi ini benar adalah hasil karya sendiri. Jika dikemudian hari terbukti bahwa ia merupakan duplikat, tiruan, plagiat, atau dibuat orang lain, sebagian atau seluruhnya, maka skripsi dan gelar yang diperoleh karenanya batal karena hukum.

Samata, 08 Mei 2020

Penyusun

Sudarman

Nim: 60400116006

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis sampaikan kehadirat Allah swt, Atas limpahan nikmat, rahmat dan hidayah-Nya yang tidak terbatas sehingga penulis masih diberi kesehatan, kesempatan, serta kemampuan untuk menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “Uji Parameter Marshall dengan Variasi Penambahan Plastik Poliamida pada Aspal Beton (AC-WC)”. Shalawat dan salam tak lupa pula penulis sampaikan kepada baginda Rasulullah saw, nabi yang diturunkan ke muka bumi ini sebagai *uswatun hasanah*.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan baik dari segi sistematika penulisan, maupun dari segi bahasa yang termuat di dalamnya. Oleh karena itu, kritikan dan saran yang bersifat membangun senantiasa penulis harapkan guna terus menyempurnakannya.

Penulis menyampaikan terima kasih yang terkhusus, teristimewa dan setulus-tulusnya kepada Ayahanda Beddu dan Ibunda Sennaini tercinta yang telah segenap hati dan jiwanya mencurahkan kasih sayang serta tak lelahnya memanjatkan doa yang tiada henti-hentinya demi kebaikan, kesuksesan dan kebahagiaan penulis, sehingga penulis bisa menjadi orang yang seperti sekarang ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini dapat terselesaikan berkat bantuan dari berbagai pihak dengan penuh keikhlasan dan ketulusan hati. Untuk itu pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak **Prof H. Hamdan Juhannis MA PhD** sebagai Rektor UIN Alauddin Makassar periode 2019 - 2023
2. Bapak **Prof. Dr. H. Muhammad Halifah Mustami, S.Ag., M.Pd** sebagai Dekan Fakultas Sains Teknologi UIN Alauddin Makassar periode 2019-2023.
3. Bapak **Ihsan, S.Pd., M.Si** sebagai ketua Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Sekaligus sebagai pembimbing II yang selama ini memberikan kesediaan dan keikhlasan dalam membimbing penulis sehingga skripsi dapat terselesaikan
4. Bapak **Muh. Said L, S.Pd., M.Si** sebagai sekertaris Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi yang selama ini merungurus administrasi dalam pengumpulan skripsi.
5. Ibu **Sahara, S.Si., M.Sc., Ph.D** sebagai pembimbing I yang selama ini memberikan kesediaan dan meluangkan waktu dalam membimbing penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
6. Ibu **Rahmaniah, S.Si., M.Si** dan Bapak **Dr. H. Muh. Sadik Sabry, M.Ag** selaku penguji I dan penguji II yang senantiasa memberikan masukan kepada penulis untuk perbaikan skripsi ini.
7. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi yang telah segenap hati dan ketulusan memberikan banyak ilmu kepada penulis, sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
8. Kepada sahabat-sahabat B16 Bang (angkatan 2016) yang telah banyak membantu penulis selama masa studi terlebih pada masa penyusunan dan

penyelesaian skripsi ini dan kepada kakak-kakak angkatan 2014, 2014, 205, adik-adik 2017, 2018 dan 2019 yang telah berpartisipasi selama masa studi penulis.

9. Kepada pengurus HMJ-Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Periode 2019 yang selalu memberikan motivasi dan semangat kepada penulis.

Terima kasih yang tak terhingga penulis haturkan kepada pihak-pihak yang telah memberikan bantuan dalam penulisan skripsi ini, untuk itu penulis mengharapkan atas segala saran dan masukan yang bersifat membangun dari semua pihak demi perbaikan penelitian ini kedepannya. Akhirnya, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca pada umumnya, Aamiin.

Samata-Gowa, 08 Mei 2019
Penulis,

Sudarman
60400116006

HALAMAN JUDUL	
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GRAFIK.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
ABSTRA.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Batasan Penelitian	4
1.5. Manfaat penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Perkerasan Jalanan	6
2.2. Integrasi Ayat.....	7
2.3. Lapisan Aspal Beton	10
2.4. AC-WC(<i>ASPHALT CONCRET-WEARING COURSE</i>).....	11
2.5. Aspal	11
2.6. Jenis Aspal.....	12

2.7. Analisis Pengujian Aspal	14
2.8. Poliamida (Nylon).....	17
2.9. Bahan Campuran Beraspal Panas.....	21
2.10. Gradasi	29
2.11. Karakteristik Campuran Beraspal	30
2.12. Perencanaan Campuran.....	32
2.13. Sifat Volunetrik Campuran Aspal Beton	33
2.4. Uji. Marshall	37
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Waktu dan Tempat	41
3.2. Alat dan Bahan.....	41
3.3. Prosedur Penelitian.....	42
3.4. Bagan Alir	58
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
4.1. Hasil Penelitian	59
4.2. Pembahasan	71
BAB V PENUTUP	
V.1. Kesimpulan	87
V.2. Saran	88
DAFTAR PUSTAKA.....	89
LAMPIRAN.....	92
LAMPIRAN GAMBAR.....	101

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan Antara Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku.....	6
Tabel 2.2.Ketentuan Untuk Aspal Keras Pen 60/70.....	16
Tabel 2.3.Ketentuan Agregat Kasar.....	22
Tabel 2.4.Daftar Gradasi dan Berat Benda Uji.....	25
Tabel 2.5.Ketentuan Agregat Halus.....	26
Tabel 2.6.Pengujian Berat Jenis Semen Portland.....	28
Tabel 2.7. Gradasi Agregat Gabungan untuk Campuran Beraspal.....	29
Tabel 2.8. Persyaratan Campuran Lapisan Aspal Beton.....	31
Tabel 2.9. Rasio Koreksi Stabilitas.....	39
Tabel 3.1. Standar Pengujian Aspal.....	43
Tabel 3.2.Standar Uji Pengujian Agregat Kasar dan Halus.....	50
Tabel 3.3.Pembuatan Benda Uji Pemadatan LASTON AC-WC untuk Penentuan KAO.....	54
Tabel 3.4.Rincian Banyak Sampel KAO dengan Tambahan <i>Poliamida</i>	55
Tabel 4.1.Hasil Pengujian Aspal Padat.....	59
Tabel 4.2.Hasil Pengujian Keausan Agregat Kasar.....	60
Tabel 4.3.Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat	60
Tabel 4.4.Gradasi Gabungan.....	61

Tabel 4.5 Desain Komposisi AC-WC.....	62
Tabel 4.6.Uji Parameter Marshall untuk Menentukan KAO	64
Tabel 4.7. Nilai Berat Isi dengan KAO 5.95.....	65
Tabel 4.8. Nilai Stabilitas dengan KAO 5.95.....	66
Tabel 4.9. Nilai Flow dengan KAO 5.95.....	67
Tabel 4.10. Nilai MQ dengan KAO 5.95.....	67
Tabel 4.11. Nilai VIM dengan KAO 5.95.....	68
Tabel 4.12. Nilai VMA dengan KAO 5.95.....	69
Tabel 4.13. Nilai VFA dengan KAO 5.95.....	70



DAFTAR GRAFIK

Grafik 4.1. Gradasi Gabungan.....	73
Grafik 4.2. Penentuan Kadar Aspal Optimum.....	74
Grafik 4.3. Hubungan Kadar Aspal dengan Berat Isi.....	75
Grafik 4.4. Hubungan Berat Isi dengan Variasi Penambahan Plastik <i>Poliamida</i> pada KAO 5.95.....	75
Grafik 4.5. Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas.....	76
Grafik 4.6. Hubungan Stabilitas dengan Variasi Penambahan Plastik <i>Poliamida</i> pada KAO 5.95.....	77
Grafik 4.7. Hubungan Kadar Aspal dengan <i>Flow</i>	78
Grafik 4.8. Hubungan Flow dengan Variasi Penambahan Plastik <i>Poliamida</i> pada KAO 5.95	79
Grafik 4.9. Hubungan Kadar aspal dengan MQ.....	80
Grafik 4.10. Hubungan MQ dengan Variasi Penambahan Plastik <i>Poliamida</i> pada KAO 5.95	81
Grafik 4.11. Hubungan Kadar Aspal dengan VIM	82
Grafik 4.12. Hubungan VIM dengan Variasi Penambahan Plastik <i>Poliamida</i> pada KAO 5.95	82
Grafik 4.13. Hubungan Kadar Aspal dengan VMA.....	83

Grafik 4.14. Hubungan VMA dengan Variasi Penambahan Plastik <i>Poliamida</i> pada KAO 5.95.....	84
Grafik 4.15. Hubungan Kadar Aspal dengan VFA.....	85
Grafik 4.16. Hubungan VFA dengan Variasi Penambahan Plastik <i>Poliamida</i> pada KAO 5.95	86



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Reaksi dua asam amino	19
Gambar 2.2. Plastik Nylon	20
Gambar 3.1. Pentrometer	44
Gambar 3.2. Proses Pemanasan Bola Pejal	46
Gambar 3.3. Cetakan Daktilitas	47
Gambar 3.4. Daktilitas Testing Mechine	48



ABSTRAK

Nama : Sudarman

NIM : 60400116006

Judul : Uji Parameter Marshall dengan Variasi Penambahan Plastik Poliamida pada Aspal Beton AC-WC (ASPHALT CONCRETE-WEARING COURSE)

AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*) adalah salah satu lapisan paling atas pada perkerasan jalanan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan dan dirancang untuk tahan terhadap perubahan cuaca, gaya geser, tekanan roda ban kendaraan serta memberikan lapis kedap air untuk lapisan dibawahnya. Pada penelitian ini dilakukan dengan menambahkan plastik poliamida dalam campuran lapisan AC-WC. Tujuannya untuk mengetahui proses pembuatan aspal beton AC-WC dengan penambahan plastik *poliamida* dan Untuk mengetahui pengaruh variasi penambahan plastik *poliamida* dengan uji parameter marshall pada aspal beton AC-WC. Pada nilai KAO (kadar aspal optimum) dilakukan pembuatan benda uji untuk di dapat nilai KAO (kadar aspal optimum) setelah melakukan penimbangan, penukuran dan pengujian dengan alat Marsall. Hasil dari penelitian ini yaitu Pengaruh variasi penambahan plastik poliamida dengan uji parameter marshall pada aspal beton AC-WC yaitu pada nilai Stabilitas mengalami peningkatan pada penambahan *poliamida* 1% dengan nilai 1640 kg, dan 3 % dengan nilai 2040 kg dan mengalami penurunan pada 5 % dengan nilai 1520 kg ini terjadi karena pengaruh dari sifat poliamida yaitu kuat dan lentur. Pada nilai flow mengalami penurunan untuk *poliamida* 1 % dengan nilai 3,40 mm, dan 3 % dengan nilai 3.20 mm tetapi mengalami peningkatan pada *poliamida* 5% dengan nilai 3.30 mm. Untuk nilai MQ terjadi peningkatan pada penambahan *poliamida* 1 % dengan nilai 540 kg/mm dan 3% dengan nilai 630 kg/mm tetapi mengalami penurunan *poliamida* 5% dengan nilai 460 kg/mm. Selanjutnya untuk nilai VIM mengalami peningkatan pada tiap penambahan *poliamida* pada 1% dengan nilai 6,59 3% dengan nilai 9,68 dan 5%

dengan nilai 13,60. Semakin tinggi nilai VIM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran, sehingga campuran bersifat pourus (berpori atau cenderung getas). Hal ini mengakibatkan campuran menjadi kurang rapat, sehingga air dan udara mudah memasuki rongga-rongga dalam campuran yang menyebabkan aspal mudah teroksidasi. Begitupun nilai VMA juga mengalami peningkatan pada tiap penambahan *poliamida* 1% dengan nilai 19,30 3% dengan nilai 22,08 dan 5% dengan nilai 25,40 dan untuk nilai VFA mengalami penurunan dengan nilai pada penambahan *poliamida* 1% dengan nilai 66 3% dengan nilai 56 dan 5% dengan nilai 46,50.

Kata kunci: AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*), Poliamida, Marshall



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan merupakan prasarana transportasi yang sangat dibutuhkan oleh masyarakat Indonesia khususnya Provinsi Sulawesi Selatan untuk melakukan mobilisasi keseharian, baik dalam bidang ekonomi, sosial budaya, pendidikan, politik, pertahanan, dan lain-lain. Perkerasan jalan yang berkualitas diperlukan untuk menjamin keamanan dan kenyamanan, serta memperlancar kegiatan distribusi barang dan jasa yang menggerakkan roda pembangunan nasional. Dengan adanya perkembangan lalu lintas yang terjadi akhir-akhir ini maka perkerasan jalan mengalami perubahan dengan bertambahnya umur pelayan jalan, kondisi cuaca dan lingkungan serta perkembangan beban lalu lintas yang terjadi baik dari jenis kendaraan maupun volume lalu lintas (Ari Widayanti, 2017).

Selain itu, ketersediaan agregat batu pecah dari sungai telah mengganggu lingkungan, maka alternatifnya adalah batuan dari gunung berupa batu keriki untuk mengganti material sungai yang semakin terbatas jumlahnya. Banyak penelitian yang dilakukan untuk menambahkan daya lekat dan kekentalan aspal, diantaranya penggunaan bahan lateks, penggunaan material plastik bekas dan penggunaan karet bekas. Salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh Sepriskha Diansari(2016), dengan penelitian yang berjudul Aspal modifikasi dengan penambahan plastik *low linier density poly ethylene* (LLDPE) ditinjau dari karakteristik marshall dan uji penetrasi pada lapisan aspal beton (*Asphalt Concrete-Binder Course*). Permasalahannya adalah nilai stabilitas pada grafik memiliki bentuk yang meyerupai parabola yang dimana ketika semakin tingginya kadar LPPDE maka nilai stabilitasnya juga bertambah tetapi nilai VIM nya pada grafik tidak memenuhi spesifikasi.(Suraya Fitri Dkk.2018).

Aspal merupakan campuran dari senyawa hidrokarbon dan senyawa-senyawa utama Aromat, Naphaten dan Alkan. Aspal yang digunakan untuk bahan pengikat

pada perkerasan jalan bersifat *flexible* dan lentur (*flexible pavement*). Persyaratan campuran lapisan aspal untuk lalu lintas berat berdasarkan buku petunjuk pelaksanaan Lapisan Aspal Beton (LASTON), untuk jalan raya adalah Rongga terisi aspal >75%, rongga dalam campuran 3%-5%, kelelahan 3 mm - 5 mm, Stabilitas+Kelelahan 200 kg/mm-350 kg/mm. Umumnya presentase aspal hanya 4-10% terhadap volume campuran, namun mempunyai fungsi yang sangat penting, yaitu aspal sebagai bahan pengikat, agar agregat tidak lepas dan tidak mudah terkelupas akibat beban lalu lintas sehingga aspal dapat memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat (George stefen Muaya dkk, 2015).

Dalam penelitian sebelumnya digunakan pemanfaatan limbah plastik tetapi tidak menggunakan batu kerikil sebagai material utama pembentuk campuran laston. Padahal batuan kerikil memiliki kemampuan untuk memenuhi persyaratan spesifikasi material untuk konstruksi jalan. Batuan kerikil memiliki ukuran yang cukup besar dan keras, sehingga memerlukan proses pemecahan dengan Stone Crusher untuk memenuhi ukuran yang sesuai dengan gradasi untuk lapisan-lapisan konstruksi jalan. Tuntutan kualitas perkerasan aspal beton dalam melayani intensitas beban lalu lintas yang semakin tinggi dan pengaruh lingkungan yang ekstrim dapat menuntut para rekayasawan bidang perkerasan jalan biasanya menambahkan material tambahan(aditif) (Suraya Fitri Dkk. 2018).

Salah satu cara untuk dapat meningkatkan kualitas perkerasan lapisan beton aspal yang dihasilkan dari campuran aspal dan batu gunung dapat ditambahkan dengan persentase bahan aditif ke dalam aspal seperti plastik Poliamida. Poliamida merupakan bahan sintesis serbaguna yang dapat dibentuk menjadi serat, lembaran, filamen atau bulu. Ini pada gilirannya dapat digunakan dalam produksi kain, benang dan pinal. Beberapa sifat dari bahan nylon yaitu sangat kuat, elastis tidak mudah terkikis, mengkilap, mudah dibersihkan, tidak mudah terkoyak atau lecet, tidak mudah rusak karena minyak dan bahan-bahan kimia, lentur, daya serat terhadap air rendah (Nisa Mardiyah & Puteri Aulia Rahmah, 2013).

Nylon dibuat dari rangkaian unit yang ditautkan dengan ikatan peptida (ikatan amida) dan sering diistilahkan dengan poliamida (PA). Ikatan peptida adalah jenis ikatan kovalen yang hanya ditemukan dalam molekul protein. Ikatan ini menyatukan asam amino sama untuk menciptakan rantai peptida, yang kemudian bergabung bersama-sama untuk membentuk protein. Molekul protein mengandung karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen dan kadang kala sulfur serta fosfor yang dimana kandungan tersebut juga terdapat pada aspal kecuali sulfur (Palmer, R. J. 2001).

Lapisan Aspal Beton (Laston) yang baik digunakan untuk campuran plastik poliamida adalah lapisan aus (*Asphalt Concrete -Wearing Course*) karena lapisan ini adalah lapisan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan dan dirancang untuk tahan terhadap perubahan cuaca, gaya geser, tekanan roda ban kendaraan serta memberikan lapis kedap air untuk lapisan dibawahnya. Jenis kerusakan yang sering terjadi pada Laston adalah pelepasan butiran dan retak. Di samping hal tersebut, kerusakan jalan juga karena terlalu tingginya viskositas aspal keras saat pencampuran dengan agregat akibat tidak berjalannya pengendalian mutu di *Asphalt mixing plant* (AMP) sehingga temperatur aspal tidak terkontrol (Leily Fatmawati, 2013).

Pengujian dengan alat Marshall dilakukan sesuai dengan prosedur Bina Marga. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui karakteristik campuran, menentukan ketahanan atau stabilitas terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran aspal. Hubungan antara ketahanan (stabilitas) dan kelelahan plastisitas (*flow*) adalah berbanding lurus, semakin besar stabilitas, semakin besar pula flownya, dan begitu juga sebaliknya. Jadi semakin besar stabilitasnya maka aspal akan semakin mampu menahan beban, demikian juga sebaliknya. Dan jika flow semakin tinggi maka aspal semakin mampu menahan beban.

Berdasarkan hal tersebut diatas, maka dilakukan penelitian yang bersifat eksperimental terhadap “UJI PARAMETER MARSHALL DENGAN VARIASI PENAMBAHAN PLASTIK *POLIAMIDA* PADA ASPAL BETON (AC-WC)” untuk mengetahui proses pembuatan proses pembuatan aspal beton AC-WC dengan

campuran plastik poliamida dan mengetahui penambahan variasi persen plastik poliamida dengan uji parameter Marshall.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana proses pembuatan aspal beton AC-WC dengan penambahan plastik *poliamida*?
2. Bagaimana pengaruh variasi penambahan plastik *poliamida* dengan uji parameter marshall pada aspal beton AC-WC?

1.3 Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui proses pembuatan aspal beton AC-WC dengan penambahan plastik *poliamida*.
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi penambahan plastik *poliamida* dengan uji parameter marshall pada aspal beton AC-WC.

1.4 Batasan Penelitian

Ruang lingkup dan batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Tipe campuran yang digunakan adalah lapisan Aspal beton AC-WC (*Asphalt Concrete -Wearing Course*) dengan menggunakan spesifikasi umum Bina Marga 2010 revisi III.
2. Plastik *poliamida* yang digunakan adalah tali nylon sebagai bahan penambah pada penelitian ini.
3. plastik *poliamida* yang digunakan dengan variasi penambahan 1% , 3% , 5% pada penelitian ini

4. Sistem basah yang dilakukan pada campuran variasi penambahannya.
5. Material/Agregat yang digunakan yaitu berasal dari daerah bili-bili Gowa Sulawesi selatan sebagai bahan dasar pembuatan benda uji
6. Aspal yang digunakan yaitu aspal pen 60/70 yang berfungsi sebagai bahan pengikat
7. Semen yang digunakan adalah semen portland yang berfungsi sebagai filler

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil dari penelitian ini memberikan informasi antara lain :

1. Manfaat untuk akademisi
 - a. Upaya untuk mengembangkan ilmu pengetahuan di bidang pengaspalan.
 - b. Membantu pemerintah dan masyarakat untuk mengurangi sampah plastik Jenis Poliamida.
2. Manfaat untuk masyarakat
 - a. Memberikan tingkat perkerasan yang lebih baik serta daya tahan yang semakin tinggi sehingga memudahkan masyarakat dengan kendaraan besar (*truck*) khususnya perkotaan untuk melintasinya.
 - b. Untuk mengurangi sampah plastik poliamida yang ada disekitar masyarakat.
3. manfaat untuk Pemerintah
 - a. Salah satu solusi pengurangan plastik *Poliamida* dan juga dapat meningkatkan nilai ekonomis dari bahan tersebut.
 - b. Untuk meningkatkan perkerasan jalan yang mutu sehingga stabilitas dari campuran tersebut meningkat.

BAB II

TINJAUAN TEORITIS

2.1 Pengerasan Jalanan

Perkerasan jalan adalah gabungan antara agregat/material dan bahan pengikat yang dipakai untuk masyarakat dalam berkendara. Agregat/ Material digunakan biasanya seperti batu belah, batu belah, batu kali, dan batu dileburkan dari baja. Lalu bahan pengikat yang digunakan biasanya berupa semen, aspal, dan tanah liat. konstruksi perkerasan jalan dibagi menjadi beberapa bagian:

1. (*Flexible Pavement*)/Perkerasan lentur

Campiran konstruksi yang digunakan pada *Flexible Pavement* yaitu berupa bahan: bahan pengikat (tanah liat, aspal) dan agregat/material. Perkerasan ini biasanya terbagi menjadi 3 lapisan yang terdiri dari lapis tanah dasar (*subgrade*), lapis pondasi bawah (*sub-base*), lapis pondasi (*base*) dan lapis penutup (*surface*). Semua elemen lapisan itu bagian dasar secara menyeluruh memikul beban kendaraan baik roda 2 maupun roda 4.

2. (*Rigid Pavement*)/Perkerasan kaku

Untuk perkerasan ini biasanya dilapisi dengan aspal pasir dan aspal agregat pada perkerasan ini terdiri dari beberapa lapisan ada lapisan sama sekali yang terdiri dari: tanah dasar (*subgrade*), lapisan pondasi bawah (*sub-base*), lapisan beton B-0 (blinding concrete/beton lantai kerja), lapisan pelat beton (*concrete slab*), dan lapisan aspal agregat/aspal pasir yang bisa ada bisa tidak. (Didik Purwadi, 2008).

Tabel 2.1 Perbedaan pada Perkerasan Lentur dan juga Perkerasan Kaku

No	Perbedaan	Perkerasan lentur	Perkerasan kaku
1	Bahan pengikat	Aspal	Semen
2	Repetisi beban	Timbul rutting (lendutan pada jalur roda)	Timbul retak-retak pada permukaan
3	Penurunan tanah	Jalan bergelombang	Bersifat sebagai balok

	dasar	(mengikuti tanah dasar)	diasas perletakan
4	Perubahan temperatur	Modulus kekakuan berubah. Timbul tegangan dalam yang kecil	Modulus kekakuan tidak berubah. Timbul tegangan dalam yang besar.

Sumber: (Sepriskha Diansari, 2016).

2.2 Integrasi ayat

Pada penelitian ini memperlihatkan bagaimana cara untuk menyeimbangi kestabilitas lingkungan hidup pada bidang kontruksi jalanan yang menggunakan batu kerikil sebagai bahan dasar dari pembuatan aspal. Batu kerikil memiliki sifat yang keras, tahan terhadap pengaruh cuaca dan tidak mudah hancur. Beberapa ayat al-qur'an yang telah dijelaskan pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

Allah berfirman dalam Q.S al-A'raf / 7: 56 yang berbunyi

وَلَا تُجْسِدُوا فِى الْاَرْضِ كَيْدًا ۖ بَاطِلًا يُضْلِلُ ۚ فَاُولَٰئِكَ يَفْعَلُ اللّٰهُ مَا يَشَآءُ ۚ
وَلَا تُجْسِدُوا فِى الْاَرْضِ كَيْدًا ۖ بَاطِلًا يُضْلِلُ ۚ فَاُولَٰئِكَ يَفْعَلُ اللّٰهُ مَا يَشَآءُ ۚ
وَلَا تُجْسِدُوا فِى الْاَرْضِ كَيْدًا ۖ بَاطِلًا يُضْلِلُ ۚ فَاُولَٰئِكَ يَفْعَلُ اللّٰهُ مَا يَشَآءُ ۚ
وَلَا تُجْسِدُوا فِى الْاَرْضِ كَيْدًا ۖ بَاطِلًا يُضْلِلُ ۚ فَاُولَٰئِكَ يَفْعَلُ اللّٰهُ مَا يَشَآءُ ۚ

Terjemahnya: “Dan janganlah kamu berbuat kerusakan di bumi setelah (diciptakan) dengan baik. Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut dan penuh harap. Sesungguhnya rahmat Allah sangat dekat kepada orang yang berbuat kebaikan QS al-A'raf / 7: 56.

Dan janganlah kalian merusak di muka bumi setelah Allah membuat kemaslahatan dengan menciptakan hal-hal yang bermanfaat dan menunjuki manusia cara mengeksploitasi bumi dan memanfaatkannya, dengan menundukkan bumi itu

kepada mereka. Sementara itu, Allah pun menyebutkan anugerah yang sedemikian itu dalam QS al-Jasiyah / 45 : 13 yang berbunyi :

وَلَقَدْ خَلَقْنَا الْإِنسَانَ فِي أَحْسَنِ تَقْوِيمٍ ثُمَّ رَدَدْنَاهُ أَسْفَلَ سَافِلِينَ إِلَّا الَّذِينَ آمَنُوا وَعَمِلُوا الصَّالِحَاتِ لَهُمْ أَجْرٌ غَيْرُ مَمْنُونٍ
وَلَقَدْ أَنزَلْنَا إِلَيْنَا الْكِتَابَ فَتَوَلَّى كَافٍ مِنْهُمَا الْغَيْبَ وَالْجَهَنَّمَ لَئِنْ لَمْ يَنْتَهِوا عَنْ ذُنُوبِهِمْ لَنَنْزِلَنَّ إِلَيْنَا الْمَطَرُ كَالْهَاجِلِ السَّائِلِ
وَلَقَدْ خَلَقْنَا الْإِنسَانَ فِي أَحْسَنِ تَقْوِيمٍ ثُمَّ رَدَدْنَاهُ أَسْفَلَ سَافِلِينَ إِلَّا الَّذِينَ آمَنُوا وَعَمِلُوا الصَّالِحَاتِ لَهُمْ أَجْرٌ غَيْرُ مَمْنُونٍ

Terjemahnya: "Dan Dia menundukkan untukmu apa yang ada di langit dan apa yang ada di bumi semuanya, (sebagai rahmat) dari pada-Nya. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda kekuasaan Allah bagi kaum yang berpikir." Q.S al-Jasiyah / 45 : 13.

Kerusakan ini mencakup kerusakan jiwa dengan cara membunuh dan memotong anggota tubuh, kerusakan harta dengan cara *gasab* dan mencuri kerusakan agama dan kafir dengan melakukan kemaksiatan-kemaksiatan, kerusakan nasab dengan melakukan zina dan kerusakan akal dengan meminum minuman yang memabukkan dan semisalnya.

Kesimpulannya, bahwa perusakan itu mencakup kerusakan terhadap akal, akidah, tata kesopanan, pribadi maupun sosial, sarana-sarana penghidupan, dan hal-hal yang bermanfaat untuk umum, seperti lahan-lahan pertanian, perindustrian, perdagangan dan sarana-sarana kerja sama untuk sesama manusia (Ahmad Mustafa Al-Maragi. 1992).

Adapun ayat Al-Quran lainnya yang berkaitan tentang penelitian ini yaitu terdapat pada Q.S al-'Ankabut / 29 : 40 :

وَلَقَدْ خَلَقْنَا الْإِنسَانَ فِي أَحْسَنِ تَقْوِيمٍ ثُمَّ رَدَدْنَاهُ أَسْفَلَ سَافِلِينَ إِلَّا الَّذِينَ آمَنُوا وَعَمِلُوا الصَّالِحَاتِ لَهُمْ أَجْرٌ غَيْرُ مَمْنُونٍ
وَلَقَدْ أَنزَلْنَا إِلَيْنَا الْكِتَابَ فَتَوَلَّى كَافٍ مِنْهُمَا الْغَيْبَ وَالْجَهَنَّمَ لَئِنْ لَمْ يَنْتَهِوا عَنْ ذُنُوبِهِمْ لَنَنْزِلَنَّ إِلَيْنَا الْمَطَرُ كَالْهَاجِلِ السَّائِلِ
وَلَقَدْ خَلَقْنَا الْإِنسَانَ فِي أَحْسَنِ تَقْوِيمٍ ثُمَّ رَدَدْنَاهُ أَسْفَلَ سَافِلِينَ إِلَّا الَّذِينَ آمَنُوا وَعَمِلُوا الصَّالِحَاتِ لَهُمْ أَجْرٌ غَيْرُ مَمْنُونٍ

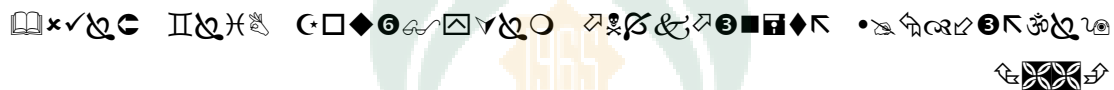
Terjemahan : “Maka masing-masing (mereka itu) Kami azab karena dosa-dosanya, di antara mereka ada yang Kami timpakan kepadanya hujan batu kerikil, ada yang ditimpa suara keras yang mengguntur, ada yang Kami benamkan ke dalam bumi, dan ada pula yang Kami tenggelamkan, dan Allah sekali-kali tidak hendak menzalimi mereka, akan tetapi merekalah yang menzalimi diri mereka sendiri” Q.S Al-Ankabuut / 29 : 40.

Selanjutnya diuraikan kebinasaan tirani dan pendurhaka sesudah masa kaum Nabi Shalih dan Nabi Hud as. Ayat di atas menyatakan bahwa: *dan Kami binasakan juga Qorun* seorang kaya raya yang angkuh dari kaum Nabi Musa as. Demikian juga *Fir’aun* Kepala Negara Mesir yang kejam, *dan Haman* Menteri Fir’aun yang patuh dan mengikuti keinginan Fir’aun itu. *Dan sesungguhnya telah datang kepada mereka* bertiga utusan Allah yaitu Nabi Musa as. *Dengan* membawa *keterangan-keterangan* serta bukti-bukti dan mukjizat-mukjizat *yang nyata. Akan tetapi mereka* berlaku *sangat sombong di permukaan bumi, dan bukanlah mereka* termasuk dalam kelompok *orang-orang yang luput* dari kebinasaan dan siksa Allah. *Maka* akibat keangkuhan dan kerdurkahaan *masing-masing*, mereka bertiga itu dan juga para pendurhaka sebelum mereka, *Kami siksa mereka disebabkan dosanya* masing-masing; *maka di antara mereka ada yang kami timpakan kepadanya hujan batu kerikil* seperti halnya kaum Ad dan Luth; *dan di antara mereka ada yang ditimpa suara keras yang mengguntur* seperti kaum Madyan dan Tsamud; *dan di antara mereka ada yang Kami benamkan ke dalam* ada yang Kami tenggelamkan seperti kaum Nuh dan Fir’aun bersama tentara-tentaranya. Siksa dan bencana yang Allah jatuhkan itu bukan disebabkan karena kesewenang-wenangan, tetapi itu adalah buah kedurhakaan mereka. *Dan Allah sekali-kali tidak hendak menganiaya mereka* dengan jatuhnya siksa dan bencana itu, *akan tetapi merekalah yang menganiaya diri mereka sendiri* (M. Quraish Sh.2002).

Dari penelitian ini yang dilakukan adalah proses pembuatan aspal dengan komposisi menggunakan batu kerikil. Pada Al-Qur’an surah Al-Ankabuut ayat 40 dalam tafsirannya menyinggung persoalan batu kerikil yang di mana batu tersebut

terbawah oleh angin kencang dan dijatuhkan ke kaum yang berbuat dzolim. Kerikil adalah agregat kasar yang berguna untuk gampuran beton dan dasar jalan. Kerikil mengandung mineral seperti batu, karena pengerasan dan anaknya kuarsa, warnanya kuning hingga abu-abu, dan sifatnya tahan terhadap cuaca, keras. Agregat kasar dapat berupa kerikil alam atau berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu, dengan ukuran butir umumnya lebih besar dari 5 mm dan terdiri dari butir-butir yang keras, tidak berpori dan beraneka ragam ukurannya (Subaidillah Fansuri. 2018).

Ayat Al-Quran yang berkaitan tentang penelitian yaitu terdapat pada Q.S al-Zariyat / 51 :33.



Terjemahan :”agar kami menimpa mereka dengan batu-batu dari tanah (yang keras).Q.S al-Zariyat / 51 :33.

Dan firman Allah.”*Dan Kami tinggalkan pada negeri itu suatu tanda bagi orang-orang yang takut kepada siksa yang pedih.*” Maksudnya, Kami jadikan negeri itu sebagai pelajaran tentang sesuatu yang Kami turunkan kepada mereka berupa siksaan dan adzab serta batu-batu (berasal) dari tanah yang terbakar. Dan Kami jadikan tempat mereka bagaikan danau yang berbau busuk. Dan pada yang demikian itu terdapat pelajaran bagi orang-orang yang beriman. Yaitu “*Bagi orang-orang yang takut kepada siksa yang pedih.*”(DR. Abdullah bin Muhammad. 2010).

Dari surah QS Az-Zariyat : 33 menjelaskan Batu-Batu dari tanah yang keras di timpahkan ke kaum yang berbuat dzolim. Dari penelitian ini juga menggunakan batu-batu yang berasal dari dalam tanah sebagai bahan dasar pembuatan aspal yang memiliki cir-ciri sangat keras dan tidak berpori serta mempunyai sifat kekal(tidak pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca seperti terik matahari atau hujan)(Reza Adeputra polii. 2015).

2.3 Lapisan Aspal Beton

Lapisan aspal beton(Laston) merupakan bagian lapisan pada perkerasan jalanan yang campurannya terdiri dari campuran aspal keras dan agregat/material/batu pecah, dihampar dan dicampur saat keadaan panas lalu dipadatkan dengan suhu yang ditetapkan. Lapisan yang terdiri dari campuran aspal keras (AC) dan agregat/material yang digradasi menerus dicampur, dihampar, dan dipadatkan pada suhu yang telah ditentukan. Lapisan berfungsi sebagai lapisan permukaan struktural dan lapisan pondasi, Lapisan aspal beton di bagi menjadi 3 macam yaitu:

1. AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*), adalah lapisan yang memiliki ketebalan minimal 4 cm dan bersifat aus
2. AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*) adalah lapisan yang memiliki ketebalan minimal 5 cm dan merupakan lapisan antara atau lapisan tengah.
3. AC-Base (*Asphalt Concrete-Base*) adalah lapisan yang memiliki ketebalan minimal 6 cm dan berfungsi sebagai pondasi lama berkerasan

2.4 AC-WC (ASPHALT CONCRETE-WEARING COURSE)

Laston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*) dengan tebal minimum AC – WC adalah 4 cm. Lapisan ini adalah lapisan yang berhubungan langsung dengan ban kendaraan dan dirancang untuk tahan terhadap perubahan cuaca, gaya geser, tekanan roda ban kendaraan serta memberikan lapis kedap air untuk lapisan dibawahnya (Anas Tahir. 2009).

Ditinjau dari penggunaan material aspal, maka aspal yang digunakan harus dari jenis yang tahan panas (panas permukaan jalan bisa sampai 70 °C), karena terletak pada posisi paling atas agar tidak mudah melunak (bledding) dan bulging (berubah bentuk, jembul, bergelombang, terlihat secara visual pada marka jalan yang bengkok), tidak mudah timbul retak yang dapat menyebabkan bocor air, dan tidak mudah terjadi lepas butir (kehilangan daya lengket) (Bina Marga 2010 revisi 3).

2.5 Aspal

Aspal atau bitumen adalah suatu cairan kental yang merupakan senyawa hidrokarbon dengan sedikit mengandung sulfur, oksigen, dan klor. Aspal sebagai bahan pengikat dalam perkerasan lentur mempunyai sifat viskoelastis. Aspal tampak padat pada suhu ruang padahal adalah cairan yang sangaaat kental. Aspal merupakan bahan yang sangat kompleks, dan secara kimia belum dikarakterisasi dengan baik. Kandungan utama aspal adalah senyawa karbon jenuh, dan tak jenuh, alifatik, dan aromatic yang mempunyai atom karbon sampai 150 per molekul. Atom-atom selain hidrogen, dan karbon yang juga menyusun aspal adalah nitrogen, oksigen, belerang, dan beberapa atom lain. Secara kuantitatif, biasanya 80% massa aspal adalah karbon, 10% hydrogen, 6% belerang, dan sisanya oksigen, dan nitrogen, serta sejumlah renik besi, nikel, dan vanadium. Senyawa-senyawa ini sering dikelaskan atas aspalten (yang massa molekulnya kecil), dan malten (yang massa molekulnya besar). Biasanya aspal mengandung 5 sampai 25% aspalten. Sebagian besar senyawa di aspal adalah senyawa polar(Silvia Sukirman,2003).

Aspal didefinisikan sebagai material perekat (cementitious), berwarna hitam atau coklat tua, dengan unsur utama bitumen. Aspal dapat diperoleh di alam ataupun merupakan residu dari pengilangan minyak bumi. Aspal merupakan material yang paling umum digunakan untuk bahan pengikat agregat, oleh karena itu seringkali bitumen disebut pula sebagai aspal (Silvia Sukirman,2003).

Aspal memiliki temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, dan bersifat termoplastis. Jadi, aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama dengan agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4–10% berdasarkan berat campuran, atau 10 – 15% berdasarkan volume campuran.

2.6 Jenis Aspal

Berdasarkan tempat diperolehnya, aspal dibedakan atas aspal alam dan aspal minyak. Aspal alam yaitu aspal yang didapat di suatu tempat dialam, dan dapat digunakan sebagaimana diperolehnya atau dengan sedikit pengolahan. Aspal alam atau asbuton merupakan campuran antara bitumen dengan bahan mineral lainnya dalam bentuk batuan. Karena asbuton merupakan material yang ditemukan begitu saja di dalam alam, maka kadar bitumen yang dikandungnya sangat bervariasi dari rendah sampai tinggi. Sedangkan aspal minyak yaitu aspal yang merupakan residu pengilangan minyak bumi. Jika dilihat bentuknya pada temperatur ruang, maka aspal dibedakan atas aspal padat, aspal cair, dan aspal emulsi.

- a. Aspal padat adalah aspal yang berbentuk padat atau semi padat pada suhu ruang dan menjadi cair jika dipanaskan. Aspal padat dikenal nama semen aspal (asphalt cement). Oleh karena itu semen aspal harus dipanaskan terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai bahan pengikat agregat.
- b. Aspal cair (*cutback asphalt*) adalah aspal yang berbentuk cair pada suhu ruangan. Aspal cair merupakan semen aspal yang dicairkan dengan bahan pencair dari hasil penyulingan minyak bumi seperti minyak tanah, bensin, atau solar. Bahan pencair membedakan aspal cair menjadi :
 1. Rapid curing cut back asphalt (RC), yaitu aspal cair dengan bahan pencair bensin. RC merupakan aspal cair yang paling cepat menguap.
 2. Medium curing cut back asphalt (MC), yaitu aspal cair dengan bahan pencair minyak tanah (*kerosene*).
 3. Slow curing cut back asphalt (SC), yaitu aspal cair dengan bahan pencair solar (minyak diesel). SC merupakan aspal cair yang paling lambat menguap.
- c. Aspal emulsi (*emulsified asphalt*) adalah suatu campuran aspal dengan air dan bahan pengemulsi, yang dilakukan di pabrik pencampur. Aspal emulsi ini lebih cair dari pada aspal cair. Di dalam aspal emulsi, butir – butir aspal larut dalam air. Berdasarkan kecepatan mengerasnya, aspal emulsi dapat dibedakan atas :

1. *Rapid Setting* (RS), yaitu aspal yang mengandung sedikit bahan pengemulsi sehingga pengikatan yang terjadi cepat, dan aspal cepat menjadi padat atau keras kembali.

2. *Medium Setting* (MS)

3. *Slow Setting* (SS), yaitu jenis aspal emulsi yang paling lambat mengeras.

Dari ketiga bentuk aspal, semen aspal adalah bentuk yang paling banyak digunakan.

2.7 Analisis Pengujian Aspal

Terdapat beberapa parameter yang dilakukan untuk pengujian kualitas aspal, yaitu:

1. Penetrasi, yaitu angka yang menunjukkan kekerasan aspal yang diukur dari kedalaman jarum penetrasi yang diberi beban 100 gram selama 5 detik pada suhu ruang 25°C. Semakin besar nilai penetrasinya, maka semakin lunak aspal tersebut dan sebaliknya.
2. Berat jenis, yaitu angka yang menunjukkan perbandingan berat aspal dengan berat air pada volume yang sama pada suhu ruang. Semakin besar nilai berat jenis aspal, maka semakin kecil kandungan mineral minyak dan partikel lain didalam aspal. Semakin tinggi nilai berat jenis aspal, maka semakin baik kualitas aspal. Berat jenis aspal minimum sebesar 1,0000.

Untuk menghitung nilai berat jenis pada pengujian aspal dapat di tentuka dengan persamaan berikut :

$$B_j = \frac{\text{Berat Aspal}}{B-C} \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

Berat Aspal = berat pik. + aspal – Berat Pik kosong

B = Berat pik+ air – Berat Pik

C = Berat pik+ air + aspal – Berat Pik

B-C = Isi Aspal
 Bj = Berat jenis

3. Kelekatan aspal terhadap agregat, yaitu angka yang menunjukkan persentase luasan permukaan agregat batu silikat yang masih terselimuti oleh aspal setelah agregat tersebut direndam selama 24 jam. Kelekatan aspal yang tinggi dapat diartikan bahwa aspal tersebut memiliki kemampuan yang tinggi untuk melekatkan agregat sehingga semakin baik digunakan sebagai bahan ikat perkerasan. Nilai kelekatan aspal yang baik minimal sebesar 85 %.
4. Titik nyala aspal, yaitu angka yang menunjukkan temperatur (suhu) aspal yang dipanaskan ketika dilewatkan nyala penguji di atasnya terjadi kilatan api selama sekitar 5 detik. Syarat aspal AC 60/70 titik nyala sebesar minimal.
5. Titik bakar aspal, yaitu angka yang menyatakan besarnya suhu aspal yang sipanaskan ketika dilewatkan nyala penguji di atas aspal terjadi kilatan api lebih dari 5 detik. Semakin tinggi titik nyala dan titik bakar aspal, maka aspal tersebut semakin baik. Besarnya nilai titik nyala dan titik bakar tidak berpengaruh terhadap kualitas perkerasan, karena pengujian ini hanya berhubungan dengan keselamatan pelaksanaan khususnya pada saat pencampuran (*mixing*) terhadap bahaya kebakaran.
6. Titik lembek aspal (Ring and Ball test), yaitu angka yang menunjukkan suhu (temperature) ketika aspal menyentuh plat baja. Titik lembek juga mengindikasikan tingkat kepekaan aspal terhadap perubahan suhu, di samping itu titik lembek juga dipengaruhi oleh kandungan parafin (lilin) yang terdapat dalam aspal. Semakin tinggi kandungan parafin pada aspal, maka semakin rendah titik lembeknya dan aspal semakin peka terhadap perubahan suhu.
7. Kelarutan aspal dalam cairan Carbon Tetra Chlorida (CCl₄), yaitu angka yang menunjukkan jumlah aspal yang larut dalam cairan CCl₄ dalam proses setelah aspal digoncang atau dikocok selama minimal 20 menit. Angka kelarutan aspal

juga menunjukkan tingkat kemurnian aspal terhadap kandungan mineral lain. Semakin tinggi nilai kelarutan aspal, maka aspal semakin baik.

8. Daktilitas aspal, yaitu angka yang menunjukkan panjang aspal yang ditarik pada suhu 25° C dengan kecepatan 5 cm/menit hingga aspal tersebut putus. Daktilitas yang tinggi mengindikasikan bahwa aspal semakin lentur, sehingga semakin baik digunakan sebagai bahan ikat perkerasan (Muchlisin Riadi, 2019).
9. Kehilangan berat yaitu suatu sampel tipis dipanaskan dalam oven selama periode tertentu dan karakteristik sampel sesudah dipanaskan kemudian diperiksa untuk meneliti indikasi adanya proses pengerasan dari material dengan metode TFOT. Pengujian TOFT bertujuan mengetahui kehilangan minyak pada aspal akibat pemanasan berulang, pengujian ini mengukur perubahan kenerja aspal akibat kehilangan berat. Untuk menghitung nilai kehilangan berat dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$KB = \frac{M}{AK} \times 100 \% \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

Z = Cawan + aspal keras

Y = Cawan Kosong

AK = Aspal Keras

M = Berat sebelum pemanasan – Berat sesudah dipanaskan

Aspal pada umumnya harus memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan sesuai dengan ketentuan yang ada, seperti tertera pada Tabel 5. Berikut ini.

Table 2.2 Ketentuan untuk Aspal Keras Pen 60/70

No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Tipe I Aspal penetrasi 60/70	Tipe II Aspal yang dimodifikasi	
				A ⁽¹⁾	B
				Asbuton yang diproses	Elastomer Sintesis

1	Penetrasi, 25° C(0,1)	SNI 06-2456-1991	60-70	Min. 50	Min. 40
2	Viskositas Dinamis	SNI 06-6441-2000	160-240	240-360	320-480
3	Viskositas Kinematis 135° C (cSt)	SNI 06-6441-2000	300	385-2000	3000
4	Titi lembek (°C)	SNI 2434-2011	48	53	54
5	Daktilitas pada 25 °C	SNI 2432-2011	100	100	100
6	Titik nyala (°C)	SNI 2433-2011	232	232	232
7	Kelarutan dalam Trichloroethylene, (%)	AASHTO T44-03	99	90 ⁽¹⁾	99
8	Berat jenis	SNI 2441-2011	1,0	1,0	1,0
9	Stabilitas penyimpanan : perbedaan titik lembek (°C)	ASTM D 5976 Part 6.1	-	2,2	2,2
10	Partikel yang lebih halus dari 150 micron(µm)(%)	-	-	Min.95 ⁽¹⁾	-
Pengujian Residu hasil TFOT (SNI-0602440-1991 atau RTFOT (SNI-03-6835-2002) :					
11	Berat yang Hilang (%)	SNI-06-2441-1991	0,8	0,8	0,8
12	Viskositas dinamis 60°C (Pa.s)	SNI 03-6441-200	800	1200	1600
13	Penetrasi pada 25°C	SNI 06-2456-1991	54	54	54
14	Daktilitas pada 25°C	SNI 2432-2011	100	50	25
15	Keelastian setelah pengembalian (%)	AASHTOT 301-98	-	-	60

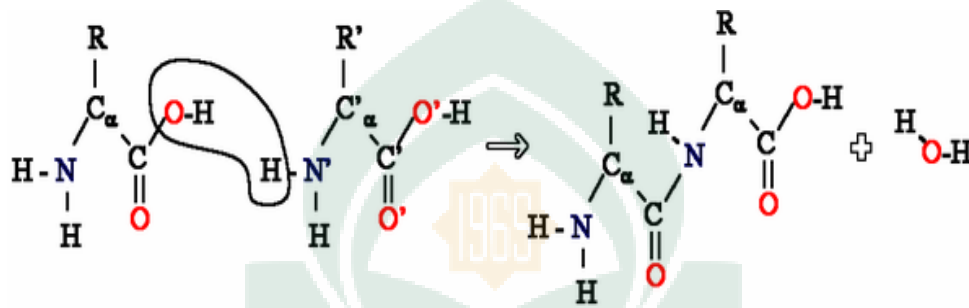
Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (revisi 3) Divisi 6 Perkerasan Aspal.

2.8 Poliamida (PA)

Poliamida adalah suatu makromolekul dengan unit berulang yang dihubungkan oleh ikatan amida. Poliamida terjadi secara alami dan sintesis. Contoh poliamida yang terjadi secara alami adalah protein, seperti wol dan sutra. Poliamida sintesis dapat dibuat melalui polimerisasi pertumbuhan-bertahap atau fasa padat yang menghasilkan bahan seperti nilon, aramid, dan natrium poli(aspartat). Poliamida sintesis umumnya digunakan pada tekstil, aplikasi otomotif, karpet dan pakaian olahraga karena daya tahan dan kekuatannya yang tinggi. Industri manufaktur transportasi utama, menyumbang 35 % konsumsi poliamida (PA).

Produksi polimer memerlukan penggabungan berulang dua kelompok untuk membentuk ikatan amida. Dalam hal ini secara khusus melibatkan ikatan amida, dan kedua gugus yang terlibat adalah gugus amina, dan komponen gugus fungsional karbonil terminal. Gugus ini bereaksi untuk menghasilkan ikatan karbon-nitrogen, menciptakan hubungan amida tunggal. Proses ini melibatkan pelepasan atom lain yang sebelumnya merupakan bagian dari gugus fungsional. Komponen karbonil dapat menjadi bagian dari gugus asam karboksilat atau turunan asil halida yang lebih reaktif. Gugus amina dan gugus asam karboksilat dapat berada pada monomer yang sama, atau polimer dapat dibentuk dari dua monomer bifungsional yang berbeda, satu dengan dua gugus amina, yang lainnya dengan dua gugus asam karboksilat atau asam klorida.

Reaksi kondensasi digunakan untuk menghasilkan polimer nilon secara sintesis di industri. Nilon harus secara khusus menyertakan monomer rantai lurus (*alifatik*). Tautan amida dihasilkan dari gugus amina (atau dikenal sebagai gugus amino), dan gugus asam karboksilat. Hidroksil dari asam karboksilat digabungkan dengan hidrogen dari amina, dan menghasilkan air, produk sampingan eliminasi yang merupakan senama reaksi.



Gambar 2.1. Reaksi dua asam amino.

Sebagai contoh reaksi kondensasi, pertimbangkan bahwa dalam organisme hidup, asam amino dikompensasi satu sama lain oleh enzim untuk membentuk ikatan amida (dikenal sebagai peptida). Poliamida-poliamida yang dihasilkan dikenal sebagai protein atau polipeptida. Dalam diagram di bawah ini, perhatikan asam amino sebagai monomer alifatik tunggal yang bereaksi dengan molekul identik untuk membentuk poliamida, fokuskan hanya pada kelompok amina dan asam. Abaikan substituen R– Dengan asumsi perbedaan antara gugus R diabaikan (Palmer, R. J. 2001).

Nylon adalah polimer kondensasi / kopolimer, dibentuk dengan mereaksikan monomer difungsional yang mengandung bagian yang sama dari asam amino dan karbositat, sehingga amida terbentuk di kedua ujung masing-masing monomer dalam proses yang analog dengan biopolimer polipeptida, sebagian besar nilon dibuat dari reaksi asam dikarbositat dengan diamina / laktan / asam amino (Wenny meolina. 2016).

Nylon merupakan istilah yang digunakan terhadap poliamida yang mempunyai sifat-sifat dapat dibentuk serat, film dan plastik. Struktur *nylon* ditunjukkan oleh gugus amida yang berkaitan dengan unit hidrokarbon ulangan yang panjangnya berbeda-beda dalam suatu polimer. Sifat-sifat *nylon* :

1. Secara umum *nylon* bersifat keras, berwarna cream, sedikit tembus cahaya.
2. Berat molekul *nylon* bervariasi dari 11.000-34.000
3. *Nylon* merupakan polimer semi kristalin dengan titik leleh 350-570 ° F. titik leleh erat kaitannya dengan jumlah atom karbon. Jumlah atom karbon makin besar, konsentrasi amida makin kecil, titik lelehnya pun menurun.



Gambar 2.2 : Plastik *Nylon*

4. Sedikit higroskopis : oleh karena itu perlu dikeringkan sebelum dipakai, karena sifat mekanis maupun elektriknya dipengaruhi juga oleh kelembaban relative dari atmosfer.
5. Tahan terhadap solvent organik seperti alkohol, eter, aseton, petroleum eter, benzene, CCl₄ maupun xylene.
6. Dapat bereaksi dengan phenol, formaldehida, alkohol, benzene panas dan nitrobenzene panas.
7. *Nylon* relative tidak dipengaruhi oleh waktu simpan yang lama pada suhu kamar. Tetapi pada suhu yang lebih tinggi akan teroksidasi menjadi berwarna kuning dan rapuh. Demikian juga sinar matahari yang kuat akan kurang baik terhadap sifat mekanikalnya.
8. Penambahan aditif dalam *nylon* dimaksud untuk memperbaiki sifat-sifat *nylon*.

Teknik pengolahan nylon yang utama adalah cetak injeksi dan ekstrusi. Teknik lain seperti cetak tiup, rotational moulding, reaction injection moulding (RIM).

Adapun penggunaannya adalah sebagai berikut :

1. Industri listrik dan elektronika. *Nylon 6*, baik yang diberi pengisi maupun tidak, mempunyai sifat-sifat yang cocok untuk industri, elektronika maupun telekomunikasi, antara lain yaitu tahan suhu tinggi pada pengoperasian yang kontinu, Bersifat isolasi dan Ketahanan pukulnya tinggi
2. Mobil *Nylon 6* dapat digunakan untuk membuat : pelampung tangki bahan bakar, blok bantalan, komponen motor, speedometer, gear, pengisi udara karburator, kerangka kaca, penutup tangki bahan bakar, reflector lampu depan, penutup stir, dop roda mobil, dll.
3. Tekstil Di industri tekstil, *nylon 6* digunakan untuk membuat : bobbin (gelondong benang), perkakas tenun, ring yang dapat dipindah-pindah, gear, dll.
4. Peralatan rumah tangga Nylon digunakan untuk furniture, peralatan dapur, folding door, komponen mesin jahit, kancing, pegangan pisau, kerangka pencukur elektrik.
5. Mesin-mesin industri Mesin-mesin yang dibuat dari *nylon 6* antara lain : gear, bantalan (bearing), pulley, impeller pompa motor, sprocket, rol, tabung, alat pengukur pada pompa bensin.
6. Kemasan Dapat digunakan untuk mengemas makanan seperti : ikan, daging, saus, keju, coklat, kopi, dll (Iman Mujiarto.2005).

Nylon adalah polimer kondensasi / kopolimer, dibentuk dengan mereaksikan monomer difungsional yang mengandung bagian yang sama dari asam amino dan karbosilat, sehingga amida terbentuk di kedua ujung masing-masing monomer dalam proses yang analog dengan biopolimer polipeptida, sebagian besar nilon dibuat dari reaksi asam dikarbositat dengan diamina / laktan / asam amino (Wenny meolina. 2016).

2.9 Bahan Campuran Beraspal Panas

Bahan penyusun kontruksi perkerasan jalan terdiri dari agregat dan bahan pengikat berupa aspal.

1. Agregat

Sangat dominan pada elemen perkerasan lentur, sebagai material lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah, lapis permukaan, bahu yang diperkeras/berpenutup, kotruksi pelebaran jalan. Agregat adalah elemen perkerasan jalan yang mempunyai kandungan 90-95% acuan berat, dan 75-85% acuan volume dari komposisi perkerasan, sehingga otomatis menyumbangkan faktor kekuatan utama dalam perkerasan jalan. Berfungsi sebagai penstabil mekanis, agregat harus mempunyai suatu kekuatan dan kekerasan, untuk menghindarkan terjadinya kerusakan akibat beban lalu lintas. Pemilihan agregat yang digunakan pada suatu kontruksi perkerasan jalan dipengaruhi oleh beberapa factor seperti : gradasi, bentuk butir, kekuatan, kelekatan pada aspal, tekstur permukaan dan kebersihan. (Shirley L. Hendarsin, 2000).

Secara umum agergat yang digunakan dalam campuran beraspal dibagi atas dua fraksi, yaitu :

a. agregat kasar

Fraksi agregat kasar untuk rancangan campuran adalah yang tertahan ayakan No.8 (2,36 mm) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, keras, awet, dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan yang diberikan dalam table 3 berikut ini (Suraya Fitri, dkk. 2018).

Table 2.3 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian	Standar	Nilai
-----------	---------	-------

Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium sulfat		SNI 3407:2008	Max.12 %
	Magnesium sulfat			Max. 18%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC MODifikasi	100 putaran	SNI 2417 : 2008	Maks. 6 %
		500 putaran		Maks. 30 %
	Semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya	100 putaran		Maks. 8 %
		500 putaran		Maks. 40 %
Kekuatan agregat terhadap aspal			SNI 03-2439-1991	Min. 95%
Butir pecah pada agregat kasar			SNI 7619 : 2012	95/90 ¹
Partikel pipih dan lonjong			ASTM D4791 Perbandingan 1 : 5	Maks. 10 %
Material lolos ayakan No.200			SNI 03-4142-1996	Maks. 2 %
Anlisa Saringan			SNI 03-1969-1990	-
Berat jenis Bulk			SNI 03-1970-1990	Min. 2,5
Berat jenis SSD				Min. 2,5
Berat Jenis Apparent				Min. 2,5
Penyerapan Agregat				Min. 2.5

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (Revisi 3) Divisi 6 Perkerasan Aspal

Untuk pengujian Agregat Kasar diantaranya Berat Jenis (*Bulk*), Berat jenuh kering permukaan, Berat jenis semu (*Apparent*) dan Penyerapan (*Absorption*) dapat dihitung pada persamaan berikut:

1. Berat Jenis (*Bulk*)

Berat jenis (*Bulk Specific Gravity*) ialah perbandingan antara berat agregat kering dan air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suatu suhu tertentu.

$$BJ \text{ Bulk} = \frac{C}{A-B} \quad \dots\dots (2.3)$$

2. Berat kering permukaan

Berat jenis kering permukaan (*SSD*) yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

$$\text{Berat Kering permukaan} = \frac{A}{A-B} \quad \dots\dots (2.4)$$

3. Berat jenis semu (*Apparent*)

Berat jenis semu (*Apparent Specific Gravity*) ialah perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

$$BJ \text{ semu} = \frac{C}{C-B} \quad \dots\dots (2.5)$$

4. Penyerapan (*Absorption*)

Absorption merupakan persentase berat air yang bisa diserap oleh pori-pori dengan berat agregat kering.

$$Absorbtion = \frac{A-C}{C} \times 100 \quad \dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

A = Berat SSD diudara

B = Berat SSD didalam air

C = Berat kering.

5. Keausan

keausan yaitu sebagai hilangnya bagian dari permukaan yang saling berinteraksi yang terjadi sebagai hasil gerak relatif pada permukaan. Menghitung Nilai Keausan dengan Persamaan berikut :

$$\text{keausan} = \frac{\text{Berat Benda Uji} - \text{Berat Tertahan Saringan No.12}}{\text{Berat Benda Uji}} \times 100 \% \quad \dots (2.7)$$

Uji keausan dengan menggunakan mesin Los Angeles dapat dilakukan dengan 500 atau 1000 putaran dengan kecepatan 30-33 rpm. Keausan pada 500 putaran menurut PB-0206-76 manual pemeriksaan bahan jalan, maksimum adalah 40 %.

Mesin Los angeles merupakan salah satu mesin untuk pengujian keausan/abrasi agregat kasar, fungsinya adalah kemampuan agregat untuk menahan gesekan, dihitung berdasarkan kehancuran agregat tersebut yaitu dengan cara mengayak agregat dalam ayakan no. 12 (1.70 mm). Sebelum melakukan pengujian keausan/abrasi harus melakukan analisa ayak terlebih dahulu untuk mengetahui gradasi agregat yang paling banyak, apakah masuk pada tipe A, B, C atau D dan dapat menentukan banyaknya bola baja yang akan digunakan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.4 : Daftar gradasi dan berat benda uji

Ukuran Saringan				Gradasi dan berat benda uji (gram)			
Lolos saringan		Tertahan saringan		A	B	C	D
mm	inci	mm	inci				
75	3,0	63	2,1/2				
63	2,1/2	50	2,0				
50	2,0	37,5	1 1/2				
37,5	1 1/2	25	1	1250±25			
25	1	19	3/4	1250±25			
19	3/4	12,5	1/2	1250±25	2500±10		
12,5	1/2	9,5	3/8	1250±25	2500±10		
9,5	3/8	6,3	1/4			2500±10	
6,3	1/4	4,75	No. 4			2500±10	2500±10
4,75	No. 4	2,36	No. 8				2500±10

Total	5000±10	5000±10	5000±10	5000±10
Jumlah bola	12	11	8	6
Berat Bola (gram)	5000±25	4584±25	3330±20	2500±15

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga (2010 Revisi 3) Divisi 6 Perkerasan Aspal

b. Agregat Halus

Adapun agregat halus yang menjadi standar dari perkerasan ini yaitu harus lolos dari ayakan No 8 atau 2,36 mm yang merupakan hasil dari batuh pecah yang di haluskan table 2.4 (Suraya Fitri, dkk. 2018).

Table 2.5 Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 60%
Angularitas dengan uji kadar rongga	SNI 03-6877-2002	Min. 45 %
Gumpalan kempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat	SNI 03-4141-1996	Maks. 1%
Agregat lolos ayakan no.200	SNI ASTM C117 : 2012	Maks. 10%
Analisis Saringan	SNI 03-1968-1990	
BJ Bulk	SNI 03-1970-1990	Min. 2,5
Bj SSD		Min. 2,5
BJ Apparent		Min. 2,5
Absorption		Min. 2,5

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga (2010 Revisi 3) Divisi 6 Perkerasan Aspal

Untuk pengujian Agregat halus diantaranya Berat Jenis (*Bulk*), Berat jenuh kering permukaan, Berat jenis semu (*Apparent*) dan Penyerapan (*Absorption*) dapat dihitung pada persamaan berikut :

1. Berat Jenis (*Bulk*)

Berat jenis (*Bulk Specific Gravity*) ialah perbandingan antara berat agregat kering dan air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suatu suhu tertentu.

$$BJ \text{ Bulk} = \frac{BK}{B+500 Bt} \quad \dots\dots (2.8)$$

2. Berat kering permukaan

Berat jenis kering permukaan (*SSD*) yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

$$\text{Berat Kering permukaan} = \frac{500}{B+500-Bt} \quad \dots\dots (2.9)$$

3. Berat jenis semu (*Apperent*)

Berat jenis semu (*Apparent Specific Gravity*) ialah perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

$$BJ \text{ semu} = \frac{BK}{B+BK-Bt} \quad \dots\dots (2.10)$$

4. Penyerapan (*Absorption*)

Absortion merupakan perse berat air yang bisa diserap oleh pori-pori pada berat agregat kering.

$$Absorbition = \frac{500 - BK}{BK} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2.11)$$

Keterangan :

500 = Berat benda uji kering permukaan

BK = Berat benda uji kering oven

B = Berat piknometer diisi air

Bt = Berat pik. Benda Uji (SSD) + air

c. *Filler* atau Bahan Pengisi

Filler merupakan bahan pengikat yang biasanya berupa semen portland. *Filler* dalam keadaan kering dan terbebas dari gelembung-gelembung halus dan tidak bersifar plastik.

Filler berfungsi sebagai berikut :

1. Mengubah agregat halus agar jumlah aspal dalam mengisi rongga akan berkurang dan BJ (berat jenis) pada campuran akan meningkat.
2. Aspal dan juga filler dicampur untuk membuat pasta yang akan menjadi mortal.
3. Meningkatkan kepadatan dan kestabilan dalam campuran.

Berat jenis semen Portland komposit tidak sama dengan berat jenis semen portlang biasa. Apabila semen Portland memiliki berat jenis berkisar 3,0-3,2 maka semen Portland komposit memiliki berat jenis kurang dari 3,00.

Tabel 2.6 Pengujian Berat Jenis Semen portland

Pengujian	Nilai	Satuan
Benda Uji	64	gr
Volume Benda uji	20.2	cc
Berat Isi	3.168	gr/cc

Berat jenis semen portland	3.168	
----------------------------	-------	--

Sumber : Hasil Pengujian Lab. Bina Marga dan Bina Kontruksi Baddoka Makassar

2. 10 Gradasi

Gradasi agregat/material yang didapatkan untuk analisa saringan yang itu dengan memakai 1 set saringan yang paling kasar disimpan dibagian atas dan yang halus disimpan bagian bawah. 1 set (dengan ukuran saringan 11/2"; 1"; 3/4"; 1/2"; 3/8"; 4"; 16"; 30 "; 40"; 100"; 200").

Tabel 2.7 Gradasi Agregat Gabungan untuk Campuran Aspal

ukuran (")	Berat total yang lolos pada agregat dalam campuran (%)		
	Lapisan Aspal Beton (AC)		
	AC-WC	AC-BC	AC-Base
11/2"	-	-	100
1"	-	100	90-100
3/4"	100	90-100	76-90
1/2"	90-100	75-90	60-78
3/8"	77-90	66-82	52-71
4"	53-69	46-64	35-54
8"	33-53	30-49	23-41
16"	21-40	18-38	13-30
30"	14-30	12-28	10-22
40"	9-22	7-20	6-15
100"	6-15	5-13	4-10
200"	4-9	4-8	3-7

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (revisi 3) Divisi 6 Perkerasan Aspal

2. 11 Karakteristik Campuran Beraspal

Ada beberapa karakteristik yang harus dimiliki pada campuran beton. Karakter tersebut di antaranya:

1. Stabilitas merupakan lapis perkerasan jalan yang dapat menahan beban ketika dilalu lintas terjadi perubahan yang tidak tetap contohnya alur, gelombang dan bleeding. Tentu ini menjadi kebutuhan masyarakat karena melihat jumlah peningkatan kendaraan pada lalu lintas (Sepriskha Diansari, 2016).

Persamaan (2.9) nilai stabilitas yaitu :

$$S = p \times q \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

Keterangan :

S : nilai stabilitas

P : arloji stabilitas x kalibrasi alat

q : koreksi benda uji

2. Durabilitas diperlukan pada lapisan permukaan sehingga lapisan dapat mampu menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air dan perubahan suhu ataupun keausan akibat gesekan roda kendaraan.
3. Kelenturan (*Fleksibilitas*) adalah kemampuan lapisan perkerasan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume. Untuk mendapatkan fleksibilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan :
4. Ketahanan terhadap kelelahan (*Fatigue Resistance*) adalah ketahanan dari lapis aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang berupa alur (*rutting*) dan retak
5. Kekesatan terhadap slip (*Skid Resistance*) adalah kekesatan yang diberikan oleh perkerasan sehingga kendaraan tidak mengalami slip balik di waktu hujan (basah)

maupun diwaktu kering. Kekesatan dinyatakan dengan koefisien gesek antara permukaan jalan dengan roda kendaraan. Tingginya nilai tahanan geser ini dipengaruhi oleh :

6. Kemudahan Pelaksanaan (*Workability*) adalah mudahnya suatu campuran untuk dihampar dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang diharapkan.

Tabel 2.8 Persyaratan Campuran Lapisan Aspal Beton

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		WC	BC	Base
Jumah tumbukan per bidang		75		112
Rongga dalam campuran (%)	Max	3		
	Min	5		
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	Min	65	63	60
Stabilitas Marshall (kg)	Min	800		1500
	Max	-		-
Kelelehan (Flow) (mm)	Min	3		5
Marshall Quotienst (kg/mm)	Min	250		300
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam	Min	80		
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (<i>refusal</i>)	Min	2,5		

(Sumber) : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (revisi 3) Divisi 6 Perkerasan Aspal

2.12 Perencanaan Campuran

Untuk mendapatkan campuran yang ideal dan memberikan kinerja perkerasan yang optimal maka sebelum membuat campuran diperlukan perencanaan campuran untuk menentukan komposisi masing-masing bahan penyusun campuran agar diperoleh campuran beraspal yang memenuhi spesifikasi antara lain :

- a. Pada penelitian ini gradasi campuran agregat yang digunakan adalah gradasi campuran AC-WC. Perencanaan campuran beraspal AC-WC ini dilakukan dengan mengambil batas atas dan batas tengah dari setiap persen berat lolos saringan, sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2010.
- b. Melakukan analisa perhitungan komposisi yang ideal dan memenuhi persyaratan spesifikasi. Komposisi didapat dari hasil *trial and error* dan didasarkan pada nilai spesifikasi pada campuran beraspal tipe AC-WC. Berikut cara menghitung perkiraan awal kadar aspal optimum (Pb) dengan persamaan sebagai berikut :

$$Pb = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\% FF) + \text{Konstanta} \dots\dots\dots (2.13)$$

Keterangan:

Pb : Kadar aspal tengah/ideal, persen terhadap berat campuran

CA : Persen agregat tertahan saringan No.8 (2,36 mm)

FA : Persen agregat lolos saringan No.8 (2,36 mm) dan tertahan saringan No.200 (0,075 mm)

Filler : Persen agregat minimal 75 % lolos No.200 (0,075 mm)

K : Nilai Konstanta untuk besar nilai konstanta diperkirakan antara 0,5 sampai 1,0 untuk Laston

- c. Hasil perhitungan nilai Pb dibulatkan, perkiraan nilai Pb sampai 0,5% terdekat. Contohnya jika hasil perhitungan diperoleh 5,95% maka dibulatkan menjadi 6%.
- d. Setelah proses analisa didapatkan komposisi masing-masing fraksi agregat, kemudian dilanjutkan proses pengayakan agregat sesuai dengan nomor saringan yang dibutuhkan, dan sesuai berat yang telah kita hitung dari proses analisa.

2.13 Sifat Volumetrik Campuran Aspal Beton

Kinerja aspal beton sangat ditentukan oleh volumetrik campuran aspal beton padat yang terdiri dari:

1. Berat Isi (*Density*)

Berat isi merupakan perbandingan antara berat terhadap volume campuran yang menunjukkan tingkat kepadatan dari campuran yang telah dilakukan pemadatan. Semakin tinggi tingkat kepadatan dari suatu perkerasan maka kekuatan dari perkerasan untuk menahan beban juga semakin baik, sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$D = \frac{\text{Berat Kering}}{\text{Isi Benda Uji}} \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan :

D = Density

SSD = Berat Kering permukaan

Dalam air = Berat dalam Air

Berat kering = Berat sebelum direndam

Isi Benda Uji = SSD – Dalam Air

2. VMA

Void Mineral of Agregat (VMA) merupakan ruang antara partikel material dalam perkerasan beraspal, termasuk juga volume aspal dan rongga . Adapun persamaanya sebagai berikut

$$VMA = 100 - \left[\frac{((100 - KA) \times \text{Berat isi Benda Uji})}{BJ \text{ Eff. Agg}} \right] \dots\dots\dots (2.15)$$

Keterangan

VMA = Rongga terhadap agregat

KA = Kadar Aspal

3. VIM

Void in the Mix (VIM). VIM menunjukkan presentase rongga dalam campuran. Nilai VIM berpengaruh terhadap keawetan dari campuran aspal agregat, semakin tinggi nilai VIM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat porous. Adapun persamaannya sebagai berikut :

$$VIM = 100 - \left[\frac{100 \times \text{Berat isi benda uji}}{BJ \text{ benda uji}} \right] \dots\dots\dots (2.16)$$

Keterangan :

VIM = Rongga udara campuran, persen total campuran

4. VFA

Void Filled With Asphalt (VFA). VFA adalah rongga terisi aspal oada campuran setelah mengalami proses pemadatan yang dinyatakan dalam persen terhadap rongga antar butiran agregat (VMA), sehingga antara nilai VMA dan VFA mempunyai kaitan yang sangat erat. Adapun persamaannya sebagai berikut:

$$VFA = \frac{100(VMA - VIM)}{VMA} \dots\dots\dots . (2.17)$$

Keterangan:

VFA = Rongga terisi aspal

VMA= Rongga diantara mineral agregat, persen volume bulk

VIM = Rongga udara campuran, persen total campuran

5. Berat Jenis (*Specific Gravity*)

Berat jenis yang diuji terdiri dari tiga jenis yaitu berat jenis bulk (*dry*), berat jenis bulk campuran (*density*), berat jenis maksimum (*theoritis*). Perbedaan ketiga istilah ini disebabkan karena perbedaan asumsi kemampuan agregat menyerap air dan aspal.

1. Berat Jenis Bulk Agregat

Berat jenis bulk adalah perbandingan antara berat bahan di udara (termasuk rongga yang cukup kedap dan yang menyerap air) pada satuan volume dan suhu tertentu dengan berat air suling serta volume yang sama pada suhu tertentu pula. Karena agregat total terdiri dari atas fraksi-fraksi agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi yang masing-masing mempunyai berat jenis yang berbeda maka berat jenis bulk (Gsb) agregat total dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$Bj \text{ Bulk} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \dots + \frac{P_n}{G_n}} \dots\dots\dots (2.18)$$

Keterangan:

Bj Bulk = Berat jenis bulk total agregat

P₁, P₂... P_n = Persentase masing-masing fraksi agregat

G₁, G₂... G_n = Berat jenis bulk masing-masing fraksi agregat

2. Berat Jenis Efektif Agregat

Berat jenis efektif adalah perbandingan antara berat bahan di udara (tidak termasuk rongga yang menyerap aspal) pada satuan volume dan suhu tertentu dengan berat air destilasi dengan volume yang sama dan suhu tertentu pula, yang dirumuskan :

$$B_j \text{ Eff Agg} = \frac{100 - KA}{\frac{100}{G_{mm}} - \frac{KA}{B_j \text{ Apl}}} \dots\dots\dots (2.19)$$

Keterangan:

$B_j \text{ Eff Agg}$ = Berat jenis efektif agregat

KA = Kadar Aspal

G_{mm} = Berat jenis maksimum campuran, rongga udara 0 (Nol)

3. Berat Jenis Maksimum Campuran

Berat jenis maksimum campuran untuk masing-masing kadar aspal dapat dihitung dengan menggunakan berat jenis efektif (G_{se}) rata-rata sebagai berikut:

$$G_{mm} = \frac{100}{\frac{100 - KA}{B_j \text{ Eff}} + \frac{KA}{B_j \text{ Asp}}} \dots\dots\dots (2.20)$$

Keterangan:

G_{mm} = Berat jenis maksimum campuran, rongga udara 0 (Nol)

KA = Kadar aspal berdasarkan berat jenis maksimum

$B_j \text{ Eff}$ = Berat jenis efektif agregat

$B_j \text{ Asp}$ = Berat jenis aspal

4. Penyerapan Aspal

Penyerapan aspal dinyatakan dalam persen terhadap berat agregat total tidak terhadap campuran yang dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Abs Aspl} = 100 \times \frac{\text{Bj Eff Agg} - \text{Bj Bulk}}{\text{Bj Eff Agg} \times \text{Bj Bulk}} \times \text{Bj Asp} \quad \dots\dots (2.21)$$

Keterangan:

Abs Asp = Penyerapan aspal, persen total agregat

Bj Bulk = Berat jenis bulk agregat

Bj eff Agg = Berat jenis efektif agregat

Bj Asp = Berat jenis aspal

5. Kadar Aspal Efektif

Kadar efektif campuran beraspal adalah kadar aspal total dikurangi jumlah aspal yang terserap oleh partikel agregat. Kadar aspal efektif ini akan menyelimuti permukaan agregat bagian luar yang pada akhirnya menentukan kinerja perkerasan aspal. Kadar aspal efektif ini dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{PbE} = \text{KA} \times \frac{100 - \text{KA}}{100} \times \text{Abs Aspl} \quad \dots\dots\dots (2.22)$$

Keterangan:

Pbe = Kadar aspal efektif, persen total agregat

KA = Kadar aspal persen terhadap berat total campuran

Abs Aspl = Penyerapan aspal, persen total agregat

2.14 Uji Marshall

Metode Marshall ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari suatu perkerasan lentur. Metode marshall ini terdiri dari Uji Marshall dan Parameter marshall yaitu sebagai berikut :

1. Uji Marshall

Rancangan campuran berdasarkan metode Marshall ditemukan oleh Bruce Marshall, dan telah distandarisasi oleh ASTM ataupun AASHTO melalui beberapa modifikasi, yaitu ASTM D 1559-76, atau AASHTO T-245-90. Prinsip dasar metode Marshall adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelahan (flow), serta analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk. Alat Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan proving ring (cincin penguji) berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs) dan flowmeter. Proving ring digunakan untuk mengukur nilai stabilitas, dan flowmeter untuk mengukur kelelahan plastis atau flow. Benda uji Marshall berbentuk silinder berdiameter 4 inchi (10,2 cm) dan tinggi 2,5 inchi (6,35 cm). Prosedur pengujian Marshall mengikuti SNI 06-2489-1991, atau AASHTO T 245-90, atau ASTM D 1559-76. (Sepriskha Diansari, 2016).

2. Parameter Pengujian Marshall

Berikut adalah parameter- parameter pengujian marshall :

a. Densitas (Berat Isi)

Densitas merupakan perbandingan antara berat terhadap volume campuran yang menunjukkan tingkat kepadatan dari campuran yang telah dilakukan pemadatan. Semakin tinggi tingkat kepadatan dari suatu perkerasan maka kekuatan dari perkerasan untuk menahan beban juga semakin baik.

b. Kepadatan rongga dalam agregat (VMA)

Rongga pada campuran agregat adalah rongga antar butiran agregat dalam campuran aspal yang sudah dipadatkan serta aspal efektif yang dinyatakan dalam persentase volume total campuran.

c. Rongga terisi aspal (VFA)

VFA adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel agregat VMA yang terisi oleh aspal, tetapi tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat.

d. Rongga dalam campuran (VIM)

Voids In Mix atau disebut juga rongga dalam campuran digunakan untuk mengetahui besarnya rongga campuran dalam persen. Rongga udara yang dihasilkan ditentukan oleh susunan partikel agregat dalam campuran serta ketidakseragaman bentuk agregat.

e. Stabilitas

Nilai stabilitas diperoleh berdasarkan nilai masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial. Untuk nilai stabilitas, nilai yang ditunjukkan pada jarum dial perlu dikonversikan terhadap alat Marshall. Selain itu pada umumnya alat Marshall yang digunakan bersatuan Lbf (*pound force*), sehingga harus disesuaikan satuannya terhadap satuan kilogram. Selanjutnya nilai tersebut juga harus disesuaikan dengan angka koreksi terhadap ketebalan atau volume benda uji (Mohamad Aqif, 2012).

Tabel 2.9 Rasio Koreksi Stabilitas

No	Volume Benda Uji	Angka Koreksi
1	471 - 482	1,14
2	483 - 495	1,09
3	496 - 508	1,04
4	509 - 522	1,00
5	523 - 535	0,96
6	536 - 535	0,93
7	536 - 546	0,89
8	547 - 559	0,86
9	560 - 573	0,83
10	586 - 598	0,81
11	599 - 610	0,78
12	611 - 625	0,76

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan Aspal.

f. Flow

Seperti halnya cara memperoleh nilai stabilitas seperti di atas Nilai flow berdasarkan nilai masing-masing yang ditunjukkan oleh jarum dial. Hanya saja untuk alat uji jarum dial flow biasanya sudah dalam satuan mm (milimeter), sehingga tidak perlu dikonversikan lebih lanjut (Mohamad Aqif, 2012).

g. Hasil Bagi Marshall

Hasil bagi Marshall/ Marshall Quotient (MQ) merupakan hasil pembagian dari stabilitas dengan keelehan. Sifat Marshall tersebut dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$MQ = \frac{S}{F} \dots\dots\dots (2.23)$$

Keterangan:

MQ : Marshall Quotient, (kg/mm)

S : Marshall Stability (kg)

F : Flow Marshall, (mm) (Mohamad Aqif, 2012).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

3.1.1. Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Agustus 2019 sampai Maret 2020.

3.1.2 Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian di Laboratorium Pengujian Bahan Konstruksi Dinas Bina Marga dan Bina Konstruksi yang terletak di jalan Batara Bira Km.16 Baddoka, Makassar.

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1. Alat Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- a. Satu set saringan agregat,
- b. Piknometer,
- c. Mesin *Los Angeles* (tes abrasi),
- d. Oven,
- e. Pemanas atau kompor listrik,
- f. Alat tekan *Marshall*,
- g. pencetakan benda uji dengan diameter 4 “dan tinggi 3 “
- h. Marshall Pemadat otomatis,
- i. Ejector,
- j. Penggorengan pencampur,
- k. Termometer,
- i. Sendok pengaduk,
- m. Sarung tangan anti panas,

- n. Kain lap,
- o. Timbangan,
- p. Ember,
- q. Jangka sorong,
- r. Pan,
- s. *Tipe-x*.
- o. Water bath,
- p. Penetrometer,
- q. Timbangan berat,

3.2.2. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- a. Agregat kasar berasal dari bendungan bili-bili gowa Sulawesi selatan
- b. Agregat halus berasal dari bendungan bili-bili gowa Sulawesi selatan
- c. Aspal,
- d. *Filler* (semen *Portland*)
- e. Plastik poliamida

3.3. Prosedur Penelitian

Dalam penelitian ini prosedur yang akan dilakukan meliputi: Tahap persiapan, pengujian bahan, perencanaan pencampuran, pembuatan dan pengujian benda uji atau sampel, pengujian dengan alat marshall, menghitung parameter marshall, pengolahan dan pembahasan hasil.

3.3.1. Tahap Persiapan

Pada tahap ini yang di lakukan yaitu menyiapkan bahan dan mengecek alat-alat yang akan digunakan. Persiapan bahan (aspal Pen 60-70, agregat kasar, agregat halus, filler, *poliamida* (*Nylon*)).

3.3.2. Pengujian Bahan

Pengujian bahan-bahan untuk penelitian ini diantaranya adalah Pengujian aspal, Pengujian Agregat kasar dan agregat halus.

A. Aspal Shell 60/70

Pengujian aspal shell dilakukan dengan melakukan uji penetrasi, titik lembek, daktilitas, berat jenis, dan kehilangan berat. Standar pengujian aspal seperti tertera pada table 7 dibawah ini.

Tabel 3.1 Standar Pengujian Aspal

No	Jenis Pengujian	Standar Uji
1.	Penetrasi 25°C (mm)	SNI 06-2456-1991
2.	Titik Lembek (°C)	SNI 06-2434-1991
3.	Daktilitas pada 25° (cm)	SNI 06-2432-1991
4.	Berat Jenis	SNI 06-2441-1991
5.	Kehilangan Berat	SNI 06-2440-1991

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia, Spesifikasi Umum 2010 Divisi 6.

1. Penetrasi

- a. Persiapan benda uji: Panaskan contoh aspal. Untuk suhu pemanasan aspal tidak melebihi 56°C sekitar 15-30 menit. Tuangkan contoh ke cawan. Buat duplo. Tutup cawan benda uji, lalu biarkan pada suhu ruang hingga 24 jam. Masukkan cawan ketempat air, lalu masukkan ke bak. Biarkan hingga 1 – 2 jam.
- b. Periksa pemegang jarum. Bersihkan jarum penetrasi dengan pelarut lain. Pasang jarum dengan pemegang. Letakkan pemberat diatas jarum (50 gr).



Gambar 3.1 Penetrometer

- c. Pindahkan tempat air + cawan ke alat penetrasi. Turunkan jarum hingga menyentuh permukaan benda uji. Atur angka nol di arloji penetrometer. Lepaskan pemegang jarum dan selama 5 ± 0.1 detik ukur dengan stopwatch. Putar arloji penetrometer dan baca angka pen dengan ketelitian 0.1 mm. Angkat jarum dari benda uji dan siapkan untuk titik penetrasi berikutnya.
- d. Pencatatan data. Catat setiap bacaan pada alat penetrometer. Perhitungan dan pelaporan data. Nilainya harus memenuhi toleransi yang telah ditentukan.

2. Titik Lembek

- a. Penyiapan benda uji
 1. Menyiapkan semua peralatan dan bahan yang diperlukan.
 2. Panaskan contoh benda uji aspal secara perlahan sambil di aduk secara terus menerus hingga cairan merata.
 3. Pemanasan pengadukan dilakukan secara perlahan lahan agar gelembung udaranya cepat keluar.

4. Panaskan juga cincin sampai mencapai suhu ruang contoh dan letakkan kedua cincin plat kuningan yang telah diberi gliserin.
5. Setelah air merata tuangkan aspal kedalam cincin yang mana suhu pemanasan aspal tidak melebihi 56°C diatas titik lembeknya 100°C .
6. Setelah aspal dingin , ratakan permukaan contoh dalam cincin dengan spatula atau pisau yang telah di panaskan.

Hal – hal yang perlu diprhatikan dalam penyiapan sampel :

- Suhu pemanasan max adalah titik lembek perkiraan $+ 50^{\circ}\text{C}$ (kira-kira 100°C).
- Lama pemanasan diatas api tidak boleh lebih dari 30 menit dan didalam oven tidak lebih dari 2 jam.
- Larutan gliserin digunakan pada permukaan plat besi bukan pada reng benda uji.
- Contoh aspal yang telah di panaskan dihitung dalam cetakan bend uji dan diamkan selama 30 menit.

b. Pengujian Titik Lembek

1. Pasang dan aturlah kedua benda uji diatas kedudukan dan letakkan pengarah bola di atasnya, kemudian masukkan seluruh peralatan tersebut kedalam bejana gelas lalu isi dengan air dan masukkan seluruh tersebut kedalam bejana gelas lalu isi dengan air dan masukkan batu es untuk menjadikan suhu bejana $5 \pm 1^{\circ}\text{C}$,
2. Letakkan termometer yang sesuai dengan praktikum di antara kedua benda uji.
3. Periksa dan aturlah jarak antara permukaan plat dasar benda uji hingga menjadi 25,4 mm.
4. Letakkan bola baja tersebut ditengah - tengah posisi benda uji dengan menggunakan penjepit.
5. Letakkan bejana gelas di atas pemanas setelah suhu bejana gelas tersebut mencapai $\pm 1^{\circ}\text{C}$.

6. Panas bejana gelas dan catat penambahan/ kenaikan suhu.per 5°C beserta waktu pada suhu tersebut dengan stopwatch terhitung awal pemanasan.
7. Perhatikan dengan teliti dari penambahan / kenaikan suhu . pada suhu waktu beberapa aspal benda uji yang di timpa bola baha meleleh dan menyentuh plat dasar kedudukan.
8. Catat hasil pengujian dalam formulir pengamatan.



Gambar 2.2 Proses pemanasan Bola Pejal

3. Daktilitas pada 25°C (cm)

a. Persiapan Sampel

1. Panaskan aspal hingga mencair.
2. Susun bagian cetakan kuningan.
3. Lapsi bagian atas dan bawah cetakan serta permukaannya plat atas cetakan serta permukaan plat atas cetakan dengan bahan campuran gliserin. Gliserin akan berfungsi sebagai agar aspal jika telah dingin dan akan di buka tidak melekat pada kuningan tersebut.
4. Pasang alat cetakan diatas plat dasar.



Gambar 3.3 Cetakan Daktilitas

5. Tuangkan aspal yang telah mencair dari kedalam cetakan, lakukan dengan hati – hati dan pemanasan dilakukan sampai 50 – 100 °C diatas titik lembek lalu tuangkan hingga penuh.
 6. Dinginkan cetakan pada ruangan 30 – 40 menit lalu pindahkan benda uji kedalam bak yang telah disediakan pada suhu pemeriksaan (sesuai dengan spesikasinya) selama 30 menit.
 7. Ratakan contoh yang berlebihan dengan spatula.
- b. Persiapkan alat tarik
1. Sampel didiamkan selama 85 – 95 menit pada suhu 25 °C dalam bak perendaman, kemudian lepaskan cetakan sampel dari alasnya dan lepaskan cetakan kecuali bagian ujungnya.
 2. Sambil menunggu perendaman persiapkan tempat alat tarik nya.
 3. Mesin Uji diisi air hingga setengah bak cukup dan beri garam untuk me nyamakan berat jenis air dan aspal agar aspal tidak terapung.
- c. Langkah pengujian daktalitas
1. Pasang cetakan dicincin yang telah diisi sampel pada alat mesin uji dan jalankan mesin uji sehingga menarik sampel secara teratur dengan kecepatan 5cm/menit sampai sampel putus, perbedaan kecepatan $\pm 5 \%$ mesin diizinkan.



Gambar 3.4 Daktilitas Testing Machine

2. Pada saat pengujian, apabila sampel menyetuh dasar mesin uji atau terapung pada permukaan air maka pengujian dianggap gagal dan tidak normal, untuk menghindarinya karena itulah ditambahkan garam.
3. Bacalah jarak penampang cetakan pada saat sampel putus (dalam cm), selama percobaan berlangsung sampai harus terendam 2,5 cm dibawah permukaan air (melayang) dengan suhu $25 \pm 5^{\circ}\text{C}$.
4. Hentikan pengujian jika aspal telah tertarik sepanjang 1 meter dan tidak putus.

4. Berat Jenis

- a. Menyiapkan semua peralatan dan bahan yang diperlukan.
- b. Memanaskan aspal sampai mencair ± 50 gr dan diaduk untuk mencegah pemanasan setempat. Tuangkan contoh bitumen /aspal tersebut ke dalam picnometer yang telah kering. Hingga terisi $3/4$ dan didiamkan sampai dingin.
- c. Mengisi bejana dengan air sehingga diperkirakan bagian atas picnometer yang terendam adalah 40 mm, kemudian rendam bejana tersebut dan atur suhunya 25°C .
- d. Mengangkat bejana dari bak perendam, mengisi picnometer dengan air, kemudian tutuplah picnometer tanpa ditekan Bersihkan dan keringkan dan timbang picnometer (A).

- e. Meletakkan picnometer kedalam bejana berisi air dan tekanlah penutup picnometer kedalam waterbath. Biarkan selama ± 30 menit.
- f. Angkat piknometer dan keringkan dengan lap.
- g. Timbang picnometer dengan ketelitian 1 mg (B). Bersihkan Picnometer dari air suling dan keringkan.
- h. Menuangkan benda uji yang telah dipanaskan kedalam picnometer yang telah dikeringkan hingga terisi $\frac{3}{4}$ bagian dan dinginkan 40 menit.
- i. Timbang benda uji dengan penutupnya (C).
- j. Isilah picnometer yang berisi benda uji dengan air dan tutup tanpa tekan, agar gelembung udara keluar.
- k. Mengangkat bejana dari waterbath dan letakkan picnometer didalamnya, tekanlah penutup hingga rapat, masukkan dan diamkan bejana kedalam waterbath selama ± 30 menit.
- l. Mengangkat, keringkan dan timbang picnometer.
- m. Menghitung da yang diperoleh dari pengujian tersebut.

5. Kehilangan berat

- a. Persiapkan peralatan dan bahan yang diperlukan untuk pengujian ini.
- b. Persiapan Benda Uji
 1. Panaskan aspal sampai cair untuk campuran yang merata.
 2. Kemudian tuangkan\ benda uji $\frac{3}{4}$ bagian dari tinggi cawan tersebut, lalu dinginkan benda uji pada suhu ruang.(cawan kosongsudah ditimbang terlebih dahulu).
 3. Sampel diperiksa harus bebas air.
 4. Setelah itu benda uji dingin timbang beratnya sebagai A
- c. Pengujian Benda Uji
 1. Kemudian letakkan beda uji kedalam Oven yang mana suhunya sudah menunjukkan 163°C oven benda uji selam 5 jam lalu keluarkan benda uji.
 2. Setelah dingin timbang kembali berat benda uji dan catat sebagai (B).

3. Catat hasil pengamatan pada formulir yang telah disiapkan.
4. Menentukan nilai kehilangan berat aspal setelah di panaskan berdasarkan rumus yang telah ditentukan.

B. Agregat kasar, agregat halus, dan filler

Pengujian agregat sebagai bahan pengisi pada campuran beraspal dengan komposisi gradasi sesuai dengan gradasi terpakai yang memenuhi spesifikasi yang ada. Untuk agregat kasar, agregat halus, dilakukan pengujian analisa saringan, berat jenis, penyerapan dan filler yang digunakan adalah semen. Berikut adalah standar ketentuan pemeriksaan agregat pada table 8 di bawah ini :

Tabel 3.2 : Standar Uji pengujian Agregat Kasar dan Halus

No.	Jenis Pengujian	Standar Uji
1.	Analisa saringan	SNI 03-1968-1990
2.	Berat jenis (Berat jenis Bulk, Berat jenis SSD dan Berat Jenis Semu) dan penyerapan agregat halus	SNI 03-1970-1990
3.	Berat jenis (Berat jenis Bulk, Berat jenis SSD dan Berat Jenis Semu) dan penyerapan agregat kasar	SNI 03-1969-1990
4.	<i>Los Angeles Test</i>	SNI 03-2417:2008

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia, Spesifikasi Umum 2010 Divisi 6

1. Analisa saringan
 - a. Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan dalam pratikum;
 - b. Ambil agregat kasar seberat 2 kg dan agregat halus seberat 1 kg menggunakan singkup kecil kemudian masukan ke dalam wadah secara terpisah;
 - c. Masukkan sampel agregat halus dan kasar yang telah di timbang ke dalam oven dengan suhu $\pm 110^{\circ}$ C selama 24 jam;
 - d. Angkat sampel agregat halus dan kasar yang sudah di oven kemudian timbang masing-masing sampel;

- e. Masukkan agregat kasar kedalam satu set saringan yang sudah tersusun berdasarkan ukuran saringan;
- f. Tempatkan satu set saringan pada alat penggetar kemudian nyalakan mesin selama 15 menit;
- g. Timbang sampel agregat tertahan pada masing-masing saringan;
- h. Ulangi langkah e-g untuk agregat halus;
- i. Isi formulir tabel praktikum.

2. Berat Jenis Halus

- a. Menyiapkan semua peralatan dan bahan yang dibutuhkan;
- b. Menentukan agregat dalam keadaan SSD
 - Mencuci benda uji hingga bersih dan rendam selama 24 jam
 - Kemudian keringkan benda uji kedalam kerucut abraham dalam 3 lapis pada masing-masing lapisan ditumbuk 8 kali dan ditambah 1 kali pada bagian terakhir;
 - Lalu angkat kerucut secara vertikal keatas;
 - Kemudian lihat bentuk agregat hasil cetakan;
 - Timbang agregat dalam keadaan Wssd dan masukan agregat tsb kedalam botol reagen.
- c. Masukkan air bersih sekitar 90 % isi botol reagen kedalam botol reagen yang berisi benda uji, kemudian digoyang-goyang dan diputar sampai gelembung udaranya hilang;
- d. Timbang botol reagen berisi air + benda Uji (Bt);
- e. Keluarkan benda uji dan bersihkan botol reagen yang telah dibersihkan tadi dan timbang (B);
- f. Benda Uji yang dikeluarkan tadi dikeringkan didalam oven selama 24 jam sampai berat kering tetap kemudian dinginkan dan timbang beratnya (BK).

3. Berat Jenis Agregat Kasar

- a. Cuci benda uji untuk menghilangkan debu atau bahan – bahan lain yang melekat pada permukaan.
- b. Keluarkan benda uji dari dalam air, lap dengan kain penyerap sampai selaput air pada permukaan hilang (SSD), untuk butiran yang besar pengering harus satu persatu.
- c. Timbang benda uji kering permukaan jenuh(A).
- d. Letakkan benda uji dalam keranjang, goncangkan batunya untuk mengeluarkan udara yang tersekap dan menentukan beratnya dalam air(C).
- e. Ukur suhu air untuk penyesuaian perhitungan ke suhu standar (25°C).
- f. Keringkan benda uji dalam oven pada suhu 105°C sampai berat tetap.
- g. Dinginkan benda uji pada suhu kamar selama satu jam, kemudian menimbang dengan ketelitian 0,5gram(C). Rendam benda uji dalam air pada suhu kamar selama (24 ± 4) jam.

4. Abrasi

- a. Mempersiapkan peralatan dan bahan yang akan digunakan dalam pengujian keausan agregat dengan mesin Los Angeles setelah ditimbang sesuai dengan tabel ukuran fraksi diatas.
- b. Mencuci agregat hingga bersih dan oven selama 24 jam, setelah dioven dinginkan agar suhunya sama dengan suhu ruangan.
- c. Memasukkan benda uji ke dalam mesin Los Angeles dengan bola baja yang sesuai pada tabel ukuran fraksi diatas.
- d. Menyalakan mesin, mesin akan berputar dengan kecepatan 30 sampai 33 rpm untuk 500 putaran.
- e. Setelah putaran selesai sampel dikeluarkan kemudian melakukan penyaringan awal dengan saringan berdiameter lebih dari 1,7 mm (No.12). Saring bagian sampel yang lebih halus dengan saringan 1,7 mm (No.12). Butiran yang tertahan / lebih besar dari 1,7 mm (No.12) dicuci bersih

kemudian dikeringkan dengan oven suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai berat tetap lalu ditimbang.

3.3.3. Perencanaan Campuran

Untuk mendapatkan campuran yang ideal dan memberikan kinerja perkerasan yang optimal maka sebelum membuat campuran diperlukan perencanaan campuran untuk menentukan komposisi masing-masing bahan penyusun campuran agar diperoleh campuran beraspal yang memenuhi spesifikasi antara lain :

- a. Pada penelitian ini gradasi campuran agregat yang digunakan adalah gradasi campuran AC-WC. Perencanaan campuran beraspal AC-WC ini dilakukan dengan mengambil batas atas dan batas tengah dari setiap persen berat lolos saringan, sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2010.
- b. Melakukan analisa perhitungan komposisi yang ideal dan memenuhi persyaratan spesifikasi. Komposisi didapat dari hasil *trial and error* dan didasarkan pada nilai spesifikasi pada campuran beraspal tipe AC-WC. Berikut cara menghitung perkiraan awal kadar aspal optimum (P_b) dengan persamaan (2.13)
- c. Hasil perhitungan nilai P_b dibulatkan, perkiraan nilai P_b sampai 0,5% terdekat. Contohnya jika hasil perhitungan diperoleh 5,95% maka dibulatkan menjadi 6%.
- d. Setelah proses analisa didapatkan komposisi masing-masing fraksi agregat, kemudian dilanjutkan proses pengayakan agregat sesuai dengan nomor saringan yang dibutuhkan, dan sesuai berat yang telah kita hitung dari proses analisa.

3.3.4. Pembuatan dan Pengujian Benda Uji

1. Benda Uji dan Kadar Aspal Awal

Menyiapkan benda uji marshall pada kadar aspal sebagai berikut :

- Untuk dua sampel kadar aspal berada diatas nilai P_b .
- Untuk dua sampel kadar aspal berada dibawah nilai P_b .
 - a) Kadar aspal (p_b) -1,0%
 - b) Kadar aspal (p_b) -0,5%
 - c) Kadar aspal (p_b)

- d) Kadar aspal (pb) +0,5%
 - e) Kadar aspal (pb) +1,0%
2. Setelah diperoleh nilai kadar aspal, selanjutnya menghitung berat jenis maksimum (BJ Max) dengan cara mengambil data dari percobaan berat jenis agregat kasar dan agregat halus.
 3. Jika semua data telah diperoleh, langkah yang dilakukan berikutnya adalah menghitung berat sampel, berat aspal, berat agregat dan menghitung kebutuhan agregat tiap sampel berdasarkan persentase tertahan.

Komposisi campuran agregat, aspal, *filler* dengan suhu standar pencampuran yaitu 145^o C, pada gradasi kasar batas atas dan batas tengah. Aspal yang digunakan untuk pembuatan benda uji adalah aspal *shell*. Benda uji dibuat sebanyak 3 tiap masing-masing variasi kadar aspal yang telah ditentukan baik dari gradasi batas atas maupun gradasi batas tengah. Total benda uji yang dibuat sebanyak 30 buah dengan 15 buah untuk masing-masing gradasi batas atas dan batas tengah dan keseluruhannya 30 buah sampel.

Tabel 3.3 Pembuatan Benda Uji Pemadatan LASTON AC-WC untuk Penentuan KAO

Kadar Aspal	Gradasi Batas Atas	Keterangan
Pb – 1,0 (%)	2 buah	Campuran agregat dengan spesifikasi AC-WC +kadar aspal minyak Pb – 1,0 (%)
Pb – 0,5 (%)	2 buah	Campuran agregat dengan spesifikasi AC-WC + kadar aspal minyak Pb – 0,5 (%)
Pb (%)	2 buah	Campuran agregat dengan spesifikasi AC-WC + kadar aspal minyak Pb (%)
Pb + 0,5 (%)	2 buah	Campuran agregat dengan spesifikasi AC-WC + kadar aspal minyak Pb + 0,5 (%)
Pb +1,0 (%)s	2 buah	Campuran agregat dengan spesifikasi AC-WC +kadar aspal minyak Pb +1,0 (%)
Jumlah		10 buah

Pencampuran bahan dilakukan secara manual dengan diaduk di atas wajan yang dipanaskan. Dilanjutkan Proses pemadatan standard dengan *Aautomatic Marshall Compactor* terhadap sampel sebanyak 2×75 kali tumbukan tiap sisinya (2 sisi atas

dan bawah) dengan suhu 145°C. Benda uji dibuat berbentuk silinder dengan tinggi standar 6,35 cm dan diameter 10,16 cm. Dan mendinginkan benda uji selama 24 jam hingga mengeras.

4. Benda uji kadar aspal optimum

Dari pembuatan benda uji dengan kadar aspal awal sesuai perhitungan P_b didapatkan nilai kadar aspal dan nilai VIM (*Void In Mix*). Setelah itu dilanjutkan dengan uji marshall sehingga didapatkan nilai kadar aspal optimum (KAO).

5. Dilanjutkan dengan pembuatan benda uji dengan campuran *poliamida* dengan variasi presentase nya sebagai berikut : 0%, 1%, 3%, 5%, dengan kadar aspal optimum mengikuti langkah-langkah yang sama seperti disebutkan diatas cuman pada saat memasukkan plastik *poliamida* sesuai persentasinya yaitu setelah Agregat dan aspal dipanaskan. Setelah itu dilanjutkan dengan uji marshall kembali menggunakan kadar aspal optimum sebanyak tiga sampel tiap variasinya (Tabel 3.4).

Tabel 3.4. Rincian Banyak Sampel KAO dengan Tambahan plastik *poliamida*.

% <i>poliamida</i>	Sampel
0	10 buah
1	10 buah
3	10 buah
5	10 buah
Jumlah	40 buah

3.3.5. Pengujian dengan Alat Marshall

a. Pemeriksaan Berat Jenis Campuran

Setelah proses pencampuran dan pemadatan, benda uji dikeluarkan dari cetakan kemudian diukur pada tiga sisi tiap-tiap benda uji dan ditimbang untuk memperoleh berat benda uji kering. Kemudian merendam benda uji di dalam bak perendaman (*water bath*) selama 3-5 menit dan ditimbang dalam air untuk mendapatkan berat benda uji dalam air. Kemudian benda uji diangkat dan dilap sehingga kering permukaan dan didapatkan berat benda uji pada kondisi kering permukaan jenuh.

b. Pengujian

Pengujian dimaksudkan untuk menentukan ketahanan (Stabilitas) terhadap (*Flow*) dari campuran aspal sesuai dengan prosedur SNI 2489-1991 atau AASHTO-245-90. Berikut langkah-langkah pengujian dengan alat *Marshall* :

- 1) Benda uji direndam dalam bak perendaman pada suhu $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ selama 30 menit
- 2) Bagian dalam permukaan kepala penekan dibersihkan dan dilumasi agar benda uji mudah dilepaskan setelah pengujian.
- 3) Benda uji dikeluarkan dari bak perendam, letakkan benda uji tepat di tengah pada bagian bawah kepala penekan kemudian letakkan bagian atas kepala penekan dengan memasukkan lewat batang penuntun, kemudian letakkan pemasangan yang sudah lengkap tersebut tepat di tengah alat pembebanan, arloji kelelahan (*flow meter*) dipasang pada dudukan diatas salah satu batang penuntun.
- 4) Kepala penekan dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji, kemudian diatur kedudukan jarum arloji penekan dan arloji kelelahan pada angka nol.
- 5) Pembebanan dilakukan dengan kecepatan tetap 51 mm (2 inch.) per menit, dibaca pada saat arloji pembebanan berhenti dan mulai kembali berputar menurun, pada saat itu pula dibaca arloji kelelahan. Titik pembacaan pada saat arloji pembebanan berhenti dan mulai kembali menurun, itu merupakan nilai stabilitas *Marshall*.
- 6) Setelah pengujian selesai, kepala penekan diambil, bagian atas dibuka dan benda uji dikeluarkan.

3.3.6. Menghitung Parameter Marshall

Setelah pengujian dengan menggunakan alat Marshall didapat nilai sebagai berikut :

1. Stabilitas

2. *Flow*

3. MQ (Persamaan 2.23)

selanjutnya menghitung parameter marshall lainnya diantaranya :

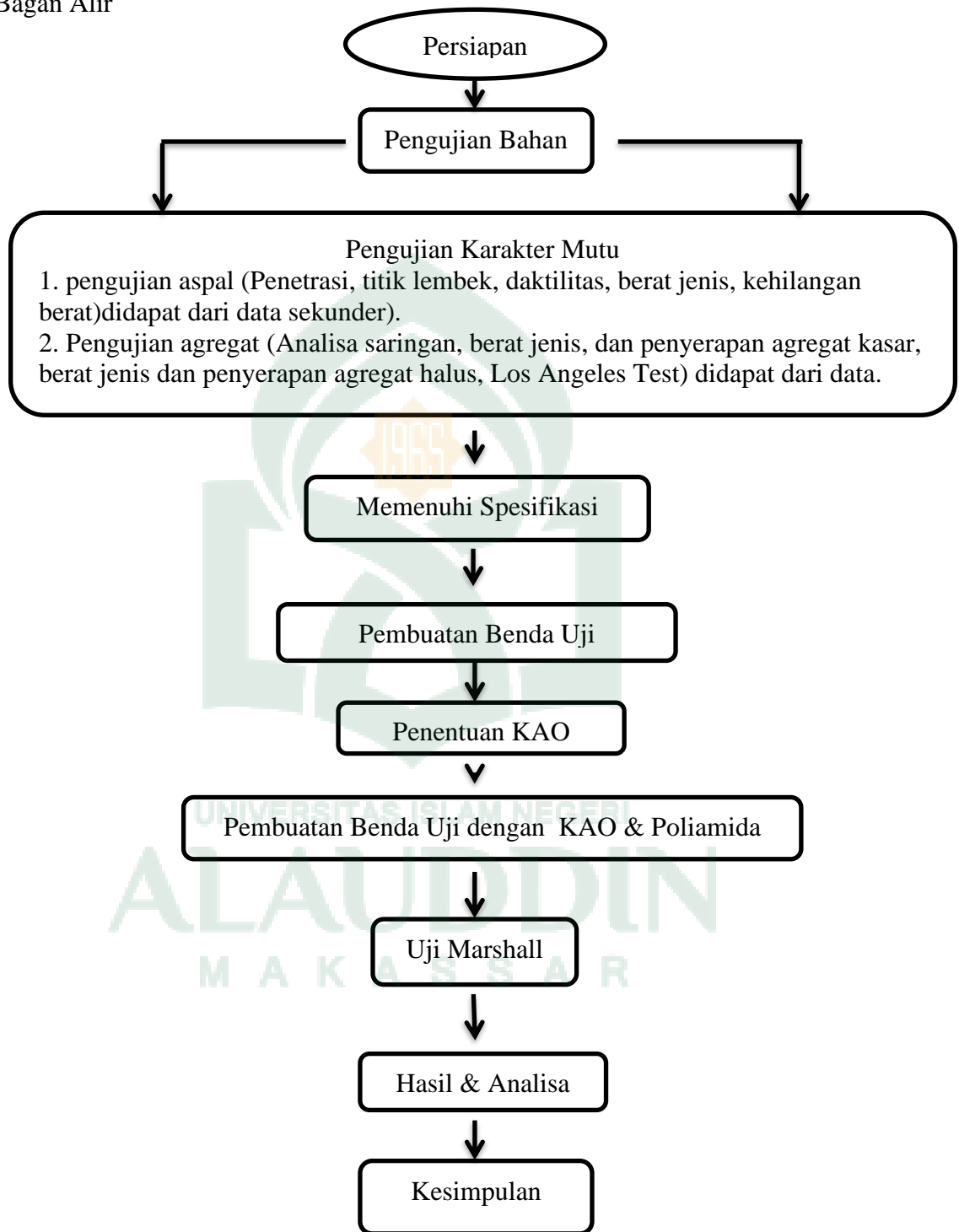
1. Berat Isi (Persamaan 2.14)
2. VMA (persamaan 2.15)
3. VIM (Persamaan 2.16)
4. VFA (Persamaan 2.17)

3.3.7. Pengolahan dan Pembahasan Hasil

Dari data hasil penelitian di Laboratorium akan membandingkan nilai stabilitas dan karakteristik campuran (rongga dalam campuran, rongga antar agregat dan rongga terisi aspal) akibat pengaruh variasi penambahan *poliamida* menggunakan dari ke lima jenis variasi % penambahan aspal benda uji yang berbeda gradasi, serta hasil pengolahan akan diuraikan dalam bentuk grafik hubungan antara kadar aspal dan parameter *Marshall*, yaitu gambar grafik hubungan antara:

- a. Kadar aspal optimum + *poliamida* terhadap Berat Isi.
- b. Kadar aspal optimum + *Poliamida* terhadap VIM.
- c. Kadar aspal optimum + *Poliamida* terhadap VMA.
- d. Kadar aspal optimum + *Poliamida* terhadap VFB.
- e. Kadar aspal optimum + *Poliamida* terhadap Stabilitas.
- f. Kadar aspal optimum + *Poliamida* terhadap *Flow*.
- g. Kadar aspal optimum + *Poliamida* terhadap *Marshall Quotient* (MQ).

3. 5 Bagan Alir



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

4.1.1 Pengujian Bahan

1. Pengujian Aspal

Penelitian ini dilakukan 5 jenis pengujian aspal yaitu pengujian penetrasi, titik lemek, daktilitas pada 25 ° C, berat jenis, kehilangan berat. Pengujian ini dilakukan di Laboratorium UPT BINA MARGA DAN BINA KONTRUKSI di baddoka. Acuan pengujian yang digunakan pada penelitian ini adalah SNI. Berikut adalah data hasil analisa pengujian aspal:

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Aspal Padat

No	Pengujian	Persyaratan	Sampel		Hasil Rata-rata	Satuan
			1	2		
1	Penetrasi	60-70	64,6	64,2	64,4	0,1 mm
2	Titik Lemek	≥ 48	48	48	48	° C
3	Daktilitas	≥ 100	150	150	150	cm
4	Berat Jenis	≥ 1.0	1,0416	1,0415	1,0415	gr/cc
5	Kehilangan Berat	≤ 0.8	0,36	0,36	0,36	%

2 Pengujian Agregat Kasar, Agregat Halus

Pengujian karakteristik agregat merupakan serangkaian pengujian terhadap agregat untuk mengetahui nilai mengenai sifat agregat tersebut dengan pengujian meliputi:

a. Pengujian keausan agregat kasar

Agregat kasar yang berasal dari bendungan bili-bili dilakukan pengujian keausan menggunakan Los Angeles Machine dengan acuan SNI 2417-2008 dan

bertujuan untuk mengetahui nilai keausan agregat yang digunakan sebagai persyaratan pembuatan campuran.

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Keausan Agregat Kasar

Berat Benda Uji (gram)	Berat Benda Uji Lolos saringan No.12 (gram)	Berat Benda Uji Tertahan saringan No.12 (gram)	Nilai Keausan (%)
5000	-	3673,6	26.5 %

Pada Tabel 4.2 memperlihatkan hasil dari nilai keausan Agregat Kasar yaitu 26.5 %. Untuk mendapatkan nilai tersebut dapat digunakan pada persamaan (2.7).

$$\text{keausan} = \frac{\text{Berat Benda Uji} - \text{Berat Tertahan Saringan No.12}}{\text{Berat Benda Uji}} \times 100 \% \quad \dots (2.7)$$

c. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat

Agregat kasar yang berasal dari bendungan Bili-Bili dilakukan pengujian berat jenis dan penyerapan dengan acuan SNI 03-1969-1990, sedangkan agregat halus dilakukan pengujian berat jenis dan penyerapan dengan acuan SNI 03-1970-1990. Berikut adalah hasil pengujian berat jenis dan penyerapan agregat.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat

No	Agregat	Jenis Pengujian	Persyaratan		Sampel		Rata-rata	Satuan	keterangan
			Min	Maks	1	2			
1	Agregat Kasar	Berat jenis Bulk	2.5	-	2,65	2,62	2,64	gr/c	memenuhi
		Berat jenis SSD	2.5	-	2,70	2,67	2,69	gr/c	memenuhi
		Berat jenis semu	2.5	-	2,80	2,76	2,79	gr/c	memenuhi
		Penyerapan	-	3	2	1,8	1,9	%	memenuhi
2	Agregat	Berat jenis	2.5	-	2,49	2,487	2,49	gr/c	memenuhi

	Halus	bulk			7			c	
		Berat jenis SSD	2.5	-	2,55	2,54	2,54	gr/c c	memenuhi
		Berat jenis semu	2.5	-	2,64	2,62	2,63	gr/c c	memenuhi
		Penyerapan	-	3	2.16	2,15	2,15	%	memenuhi

4.1.2 Pembuatan Benda Uji

Gradasi yang digunakan pada modifikasi ini adalah gradasi menurut SPESIFIKASI UMUM BINA MARGA 2010 (revisi 3) dijelaskan pada tabel.

Tabel 4.4 Gradasi Gabungan

Nomor saringan	Split 1-2 14.00		Split 0.5-1 34.00		Abu Batu 50.00		Filler 2.00		Gabungan gradasi	Spesifikasi
1 1/2"	100.00	14.00	100.00	34.00	100.00	50.00	100.00	2.00	100.00	100.00
1"	100.00	14.00	100.00	34.00	100.00	50.00	100.00	2.00	100.00	100.00
3/4"	100.00	14.00	100.00	34.00	100.00	50.00	100.00	2.00	100.00	100.00
1/2"	51.20	7.17	100.00	34.00	100.00	50.00	100.00	2.00	93.17	90-100
3/8"	17.93	2.51	100.00	34.00	100.00	50.00	100.00	2.00	88.51	77-90
4"	2,38	0.33	31.65	10.76	99.45		100.00	2.00	62.82	53-69
8"			1.20	0.41	64.10		100.00	2.00	34.46	33-53
16"					42.80		100.00	2.00	23.40	21-20
30"					30.51		100.00	2.00	17.26	14-30
40"					26.11		100.00	2.00	15.06	9-22
100"					22.61		100.00	2.00	13.22	6-15
200"					12.93		100.00	2.00	8.47	4-9

4.1.3 Penentuan Kadar Aspal Optimum(KAO)

Melakukan analisa perhitungan komposisi yang ideal dan memenuhi persyaratan spesifikasi. Komposisi didapat dari hasil *trial and error* dan didasarkan pada nilai spesifikasi pada campuran beraspal tipe AC-WC. Berikut cara menghitung perkiraan awal kadar aspal optimum (Pb) dengan persamaan sebagai berikut :

$$Pb = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\% FF) + \text{Konstanta} \quad (2.13)$$

Keterangan:

Pb : Kadar aspal tengah/ideal, persen terhadap berat campuran

CA : Persen agregat tertahan saringan No.8 (2,36 mm)

FA : Persen agregat lolos saringan No.8 (2,36 mm) dan tertahan saringan No.200 (0,075 mm)

Filler : Persen agregat minimal 75 % lolos No.200 (0,075 mm)

K : Nilai Konstanta untuk besar nilai konstanta diperkirakan antara 0,5 sampai 1,0 untuk Laston.

Tabel 4.5 desain komposisi AC-WC

Nomor saringan	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
½ (7%)	80,22 186,7	79,8 186,3	79,38 185,9	78,96 185,5	78,54 185
3/8 (5%)	57,3 244	57 243,3	56,7 242,6	56,4 241,9	56,1 241,1
4 (26%)	297,96 542	296,4 539,7	294,84 537,4	293,28 535,1	291,72 532,9
L4(60%)	687,6 1229,6	684 1223,7	680,4 1217,8	676,8 1211,9	673,2 1206,1
Semen(2%)	22,92 1252,5	22,8 1246,5	22,68 1240,5	22,56 1234,5	22,44 1228,5
1 % Poliamida	11,5	11,4	11,34	11,28	11,22
3 % Poliamida	34,4	34,2	34,02	33,84	33,66
5 % Poliamida	57,3	57	56,7	56,4	56,1

Pada Tabel 4.5 memperlihatkan desain komposisi Aspal AC-WC untuk pembuatan benda uji

Untuk menentukan nilai Parameter Marshall dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

Dik :

$$S = p \times q \quad \text{Dari persamaan (2.9)}$$

$$Bj \text{ Bulk} = \frac{P1+P2.....+Pn}{\frac{P1}{G2} + \frac{P2}{G2} + \dots + \frac{Pn}{Gn}} \quad \text{Dari Persamaan (2.15)}$$

$$Bj \text{ Eff Agg} = \frac{100 - KA}{\frac{100}{Gmm} - \frac{KA}{Bj \text{ Apl}}} \quad \text{Dari Persamaan (2.16)}$$

$$Gmm = \frac{100}{\frac{100 - KA}{Bj \text{ Eff}} + \frac{KA}{Bj \text{ Asp}}} \quad \text{Dari Persamaan (2.17)}$$

$$Abs \text{ Aspl} = 100 \times \frac{Bj \text{ Eff Agg} - Bj \text{ Bulk}}{Bj \text{ Eff Agg} \times Bj \text{ Bulk}} \times Bj \text{ Asp} \quad \text{Dari Persamaan (2.18)}$$

$$PbE = KA \times \frac{100 - KA}{100} \times Abs \text{ Aspl} \quad \text{Dari Persamaan (2.19)}$$

1. untuk menentukan density

$$D = \frac{\text{Berat Kering}}{\text{SSD} - \text{Dalam Air}} \quad \text{Persamaan dari (2.14)}$$

2. untuk menentukan VMA

$$VMA = 100 - \left[\frac{((100 - KA) \times \text{Berat isi Benda Uji})}{BJ \text{ Eff. Agg}} \right] \quad \text{Persamaan dari (2.15)}$$

3. untuk menentukan VIM

$$VIM = 100 - \left[\frac{100 \times \text{Berat isi benda uji}}{BJ \text{ benda uji}} \right] \quad \text{Persamaan dari (2.16)}$$

4. untuk menentukan VFA

$$VFA = \frac{100(VMA - VIM)}{VMA} \quad \text{Persamaan dari (2.17)}$$

5. untuk menentukan nilai Stabilitas dibaca dari arloji alat uji Marshall

6. untuk menentukan nilai Flow dibaca dari arloji alat marshall

7 untuk menentukan MQ

$$MQ = \frac{S}{F} \quad \text{Persamaan dari (2.23)}$$

Tabel 4.6 Uji Parameter Marshall untuk Menentukan KAO (Kadar Aspal Optimum)

No	Parameter Pengujian	Variasi Kasar Aspal					Spesifikasi
		4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	
1	Berat Isi	2.22	2.26	2.28	2.31	2.32	
2	Stabilitas	1,455.59	1,147.80	1,711.66	1,611.62	1,582.73	> 800
3	Kelelehan	3.16	3.43	3.27	3.38	3.85	> 3
4	MQ	460.63	334.64	524.24	477.52	411.10	> 250
5	VIM	9.41	7.10	5.60	3.42	2.61	3 - 5
6	VMA	18.98	17.93	17.62	16.75	17.07	> 15
7	VFA	50.42	60.40	68.23	79.56	84.69	> 63

Untuk menentukan kadar aspal optimum pada (Tabel 4.6) yang dipakai, diambil berdasarkan 6 karakteristik Marshall yaitu : Stabilitas, kelelehan dan hasil

bagi Marshall dari pengujian tekan dan VIM, VMA, serta VFA dari analisis volumetrik. Kadar aspal optimum selanjutnya akan ditentukan dari nilai kadar tengah antara rentang kadar aspal maksimum dan minimum yang memenuhi persyaratan spesifikasi sehingga didapatkan KAO yaitu 5.95

4.1.5 Parameter Marshall dengan KAO

1. Berat Isi

Berat isi merupakan perbandingan antara berat terhadap volume campuran yang menunjukkan tingkat kepadatan dari campuran yang telah dilakukan pemadatan. Semakin tinggi tingkat kepadatan dari suatu perkerasan maka kekuatan dari perkerasan untuk menahan beban juga semakin baik.

Tabel 4.7 Nilai Berat Isi dengan KAO 5.59

No	Variasi Plastik Poliamida	Variasi Kasar Aspal					KAO 5.95	Spesifikasi
		4.50	5.00	5.50	6.00	6.50		
1	Berat Isi (0 % Poliamida)	2.22	2.26	2.28	2.31	2.32	2.31	-
2	Berat Isi (1 % Poliamida)	2.13	2.20	2.19	2.24	2.28	2.27	-
3	Berat Isi (3 % Poliamida)	2.11	2.13	2.15	2.15	2.19	2.63	-
4	Berat Isi (5 % Poliamida)	2.05	2.02	2.06	2.08	2.10	2.06	-

Pada (Tabel 4.8) Memperlihatkan Nilai densitas dengan penambahan Variasi plastik Poliamida Pada KAO 5.59 Hasil ini didapat dari Persamaan (2. 11). Untuk 0% Plastik Poliamida yaitu 2,31 , 1 % Plastik Poliamida yaitu 2,27 , 3 % Plastik Poliamida yaitu 2,63 dan untuk 5 % Plastik Poliamida yaitu 2,06.

2. Stabilitas

Pengujian stabilitas untuk mengukur ketahanan campuran terhadap besarnya pembebanan, semakin besar nilai stabilitas maka ketahanan campuran terhadap pembebanan akan semakin tinggi. Pengukuran dilakukan dengan menempatkan benda uji pada alat Marshall. Beban saat keruntuhan dibaca pada dial proving ring. Penambahan kadar aspal pada campuran akan meningkatkan nilai stabilitas. Hal ini dikarenakan fungsi dari aspal sebagai perekat untuk agregat dapat bekerja dengan lebih baik.

Tabel 4.8 Nilai Stabilitas dengan KAO 5.59

No	Variasi Plastik Poliamida	Variasi Kasar Aspal					KAO 5.95	Spesifikasi
		4.50	5.00	5.50	6.00	6.50		
1	Stabilitas (0 % Poliamida)	1,455.59	1,147.80	1,711.66	1,611.62	1,582.73	1,572.00	> 800
2	Stabilitas (1 % Poliamida)	1,499.02	1,717.47	1,759.21	1,815.96	1,934.97	1,640.00	> 800
3	Stabilitas (3 % Poliamida)	1,677.84	1,782.47	2,184.75	1,977.87	1,877.58	2,040.00	> 800
4	Stabilitas (5 % Poliamida)	1,423.79	1,428.79	1,513.17	1,492.14	1,609.08	1,520.00	> 800

Pada Tabel 4.8 memperlihatkan Nilai densitas dengan penambahan Variasi plastik Poliamida Pada KAO 5.59 untuk 0% Plastik Poliamida yaitu 1572 , 1 % Plastik Poliamida yaitu 1640 , 3 % Plastik Poliamida yaitu 2040 dan untuk 5 % Plastik Poliamida yaitu 1520.

3. Flow

Nilai *flow* pada flometer, yang dibaca pada nilai dial pengukuran saat keruntuhan. Nilai *flow* digunakan untuk mengukur deformasi yang terjadi akibat pembebanan.

Tabel 4.9 Nilai Flow pada KAO 5.59

No	Variasi Plastik Poliamida	Variasi Kasar Aspal					KAO 5.95	Spesifikasi
		4.50	5.00	5.50	6.00	6.50		
1	Flow (0 % Poliamida)	3.16	3.43	3.27	3.38	3.85	3.50	≥ 3
2	Flow (1 % Poliamida)	2.80	3.13	3.34	3.25	3.69	3.40	≥ 3
3	Flow (3 % Poliamida)	3.11	3.13	3.24	3.20	3.24	3.20	≥ 3
4	Flow (5 % Poliamida)	3.16	3.18	3.27	3.33	3.34	3.30	≥ 3

Pada (Tabel 4.9) Memperlihatkan Nilai *Flow* dengan penambahan Variasi plastik *Poliamida* Pada KAO 5.59 untuk 0% Plastik *Poliamida* yaitu 3,50 , 1 % Plastik *Poliamida* yaitu 3,40 , 3 % Plastik *Poliamida* yaitu 3,20 dan untuk 5 % Plastik *Poliamida* yaitu 3,30.

4. MQ

MQ (marshall Quotient) merupakan nilai perbandingan antara stabilitas dengan *flow* yang digunakan untuk pendekatan terhadap tingkat kekauan atau fleksibilitas campuran. Spesifikasi yang disyaratkan nilai MQ minimal adalah 250 kg/mm.

Tabel 4.10 Nilai MQ pada KAO 5.59

No	Variasi Plastik Poliamida	Variasi Kasar Aspal					KAO 5.95	Spesifikasi
		4.50	5.00	5.50	6.00	6.50		
1	MQ (0 % Poliamida)	460.63	334.64	524.24	477.52	411.10	455.00	> 250
2	MQ (1 % Poliamida)	536.3	548.7	526.7	559.6	525.0	540.0	> 250

	Poliamida)	2	1	1	2	9	0	
3	MQ (3 % Poliamida)	539.5 0	570.3 9	674.3 1	618.0 9	579.5 0	630.0 0	> 250
4	MQ (5 % Poliamida)	450.5 7	449.9 4	463.4 5	448.7 6	481.7 6	460.0 0	> 250

Pada (Tabel 4.10) Memperllihatkan Nilai MQ dengan penambahan Variasi plastik *Poliamida* Pada KAO 5.59 untuk 0% Plastik *Poliamida* yaitu 455 , 1 % Plastik *Poliamida* yaitu 540 , 3 % Plastik *Poliamida* yaitu 630 dan untuk 5 % Plastik *Poliamida* yaitu 460. Untuk mendapatkan nilai MQ dapat digunakan Persamaan (2.23).

5. VIM

Dalam campuran perkerasan beraspal terdapat ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti oleh aspal

Tabel 4.11 Nilai VIM pada KAO 5.59

No	Variasi Plastik Poliamida	Variasi Kasar Aspal					KAO 5.95	Spesifikasi
		4.50	5.00	5.50	6.00	6.50		
1	VIM (0 % Poliamida)	9.41	7.10	5.60	3.42	2.61	3.80	3 - 5
2	VIM (1 % Poliamida)	13.01	9.52	9.31	6.38	4.10	6.50	3 - 5
3	VIM (3 % Poliamida)	13.80	12.13	10.69	10.13	8.04	9.68	3 - 5
4	VIM (5 % Poliamida)	16.20	16.77	14.73	13.25	11.82	13.60	3 - 5

Pada (Tabel 4.11) Memperllihatkan Nilai densitas dengan penambahan Variasi plastik *Poliamida* Pada KAO 5.59 untuk 0% Plastik *Poliamida* yaitu 3,80 , 1 % Plastik *Poliamida* yaitu 6,50 , 3 % Plastik *Poliamida* yaitu 9,68 dan untuk 5 % Plastik

Poliamida yaitu 13,60. Untuk mendapatkan nilai VIM dapat digunakan Persamaan (2.16).

6. VMA

VMA (*Void in Mineral Aggregate*) adalah ruang rongga diantara butiran agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif(tidak termasuk volume aspal yang di serap oleh agregat).

Tabel 4.12 : Nilai VMA pada KAO 5.59

No	Variasi Plastik Poliamida	Variasi Kasar Aspal					KAO 5.95	Spesifikasi
		4.50	5.00	5.50	6.00	6.50		
1	VMA (0 % Poliamida	18.98	17.93	17.62	16.75	17.07	17.00	> 15
2	VMA (1 % Poliamida	22.20	20.07	20.86	19.29	18.33	19.30	> 15
3	VMA (3 % Poliamida	22.90	22.37	22.06	22.53	21.69	22.08	> 15
4	VMA (5 % Poliamida	25.05	26.47	25.59	25.22	24.91	25.40	> 15

Pada (Tabel 4.12) Memperlihatkan Nilai VMA dengan penambahan Variasi plastik *Poliamida* Pada KAO 5.59 untuk 0% Plastik *Poliamida* yaitu 17 , 1 % Plastik *Poliamida* yaitu 19,30 , 3 % Plastik *Poliamida* yaitu 22,08 dan untuk 5 % Plastik *Poliamida* yaitu 25,40. Untuk mendapatkan nilai VMA dapat digunakan persamaan (2.15).

7. VFA

VFA (*Void Filled With Asphalt*) adalah persentase rongga yang terdapat diantara agregat yang terisi oleh aspal, dalam hal ini tidak termasuk pada aspal yang diserap oleh rongga agregat.

Tabel 4.13 Nilai VFA Pada KAO 5.59

No	Variasi Plastik	Variasi Kasar Aspal					KAO	Spesifikasi
	Poliamida	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	5.95	
1	VFA (0 % Poliamida	50.42	60.40	68.23	79.56	84.69	77.00	> 65
2	VFA (1 % Poliamida	41.39	52.56	55.37	66.94	77.63	66.00	> 65
3	VFA (3 % Poliamida	39.76	45.79	51.54	55.04	62.92	56.00	> 65
4	VFA (5 % Poliamida	35.35	36.66	42.44	47.45	52.54	46.50	> 65

Pada (Tabel 4.13) Memperlihatkan Nilai VFA dengan penambahan Variasi plastik *Poliamida* Pada KAO 5.59 untuk 0% Plastik *Poliamida* yaitu 77 , 1 % Plastik *Poliamida* yaitu 66 , 3 % Plastik *Poliamida* yaitu 56 dan untuk 5 % Plastik *Poliamida* yaitu 46,50. Untuk mendapatkan nilai VFA dapat digunakan persamaan (2.17).

4.2 Pembahasan

4.2.1 Pengujian aspal

a. Pengujian Penetrasi

Pengujian penetrasi dilakukan sebanyak 2 kali. Pengujian pertama menghasilkan penetrasi sebesar 64,6 mm/gr/detik dan pengujian kedua menghasilkan nilai penetrasi sebesar 64,2 mm/gr/detik sehingga mendapatkan nilai rata-rata penetrasi aspal sebesar 64,4 mm/gr/detik. Berdasarkan data tersebut, dapat disimpulkan bahwa aspal tersebut masuk kedalam jenis aspal penetrasi 60/70. Sesuai dengan ketentuan aspal keras menurut spesifikasi Bina Marga 2010, aspal ini termasuk kedalam jenis asbuton yang diproses dan merupakan aspal tipe aspal pen 60/70.

b. Pengujian titik lembek

Pengujian titik lembek dilakukan sebanyak 1 kali pengujian. Dari hasil pengujian, didapatkan nilai rata-rata titik lembek aspal sebesar 48 °C. Nilai titik lembek tersebut telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu nilai persyaratannya ≥ 48 °C

c. Daktalitas

Pengujian Daktalitas dilakukan sebanyak 1 kali pengujian. Dan hasil pengujian didapatkan nilai 150 cm. Nilai Daktalitas tersebut telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu nilai persyaratannya ≥ 100 cm.

d. Berat Jenis

Pengujian Berat Jenis dilakukan sebanyak 1 kali pengujian. Dan hasil pengujian didapatkan nilai 1,0415. Nilai Berat Jenis tersebut telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu nilai persyaratannya ≥ 1 cm.

e. Kehilangan Berat

Pengujian Kehilangan Berat dilakukan sebanyak 1 kali pengujian. Dan hasil pengujian didapatkan nilai 0,36. Nilai Kehilangan Berat tersebut telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu nilai persyaratannya $\leq 0,8\text{cm}$.

4.2.1 Pengujian Agregat

a. pengujian keausan agregat kasar

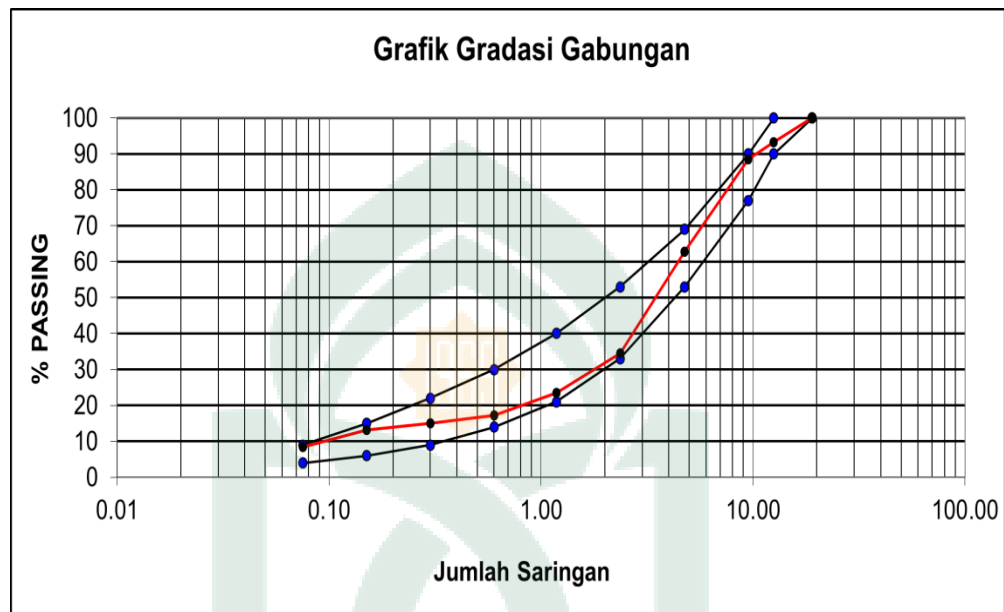
Untuk nilai keausan agregat kasar didapatkan nilainya yaitu 26.5 %. Nilai Berat Jenis tersebut telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu nilai persyaratannya $\geq 40\%$.

b. Pengujian berat jenis dan penyerapan agregat

Hasil pengujian terhadap berat jenis agregat kasar dapat dilihat pada Tabel IV.3, yaitu berat bulk sebesar 2,64 gr/cc, berat jenis SSD 2,69 gr/cc, berat jenis semu sebesar 2,79 gr/cc dan penyerapan 1,9 %. Dari hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa berat jenis bulk, berat jenis SSD, berat jenis semu dan penyerapan agregat kasar memenuhi syarat.

Dari Tabel IV.3 dapat dilihat juga bahwa pengujian untuk agregat halus juga dilakukan pengujian berat jenis dan penyerapan air. Pada pengujian ini diperoleh hasil, yaitu berat jenis bulk sebesar 2,49 gr/cc, berat jenis SSD 2,54 gr/cc, berat jenis semu sebesar 2,63 gr/cc dan penyerapan air 2,15 %. Dari hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa berat jenis bulk, berat jenis SSD, berat jenis semu dan penyerapan agregat halus memenuhi syarat.

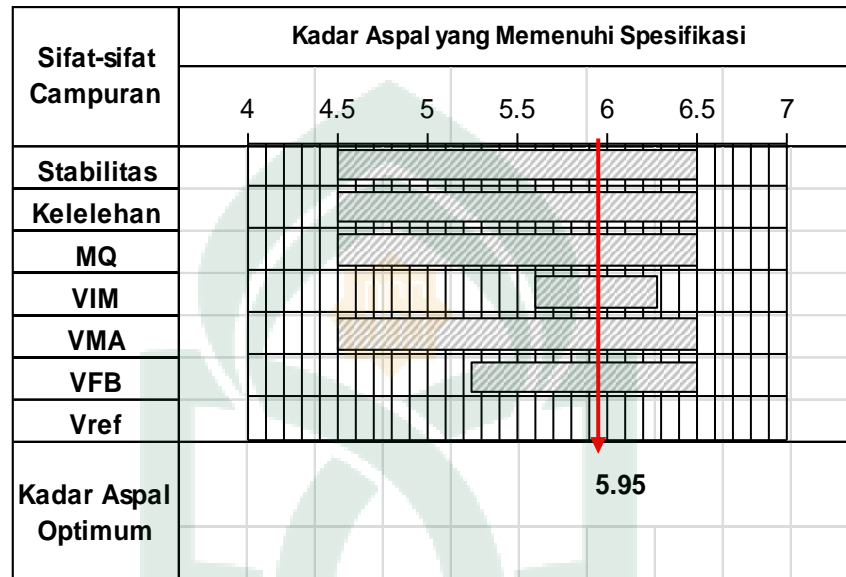
4.2.3 Pembuatan Benda Uji



Grafik 4 1 : Gradasi Gabungan

Pada Grafik 4.1 memperlihatkan Untuk Nilai Gradasi Gabungan sudah memenuhi spesifikasi UMUM BINA MARGA 2010 (revisi 3). Terlihat pada titik kontrol atas dan bawah tidak hasil nilai saringan yang melewati di ke-2 titik control tersebut.

4.2.4 Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)



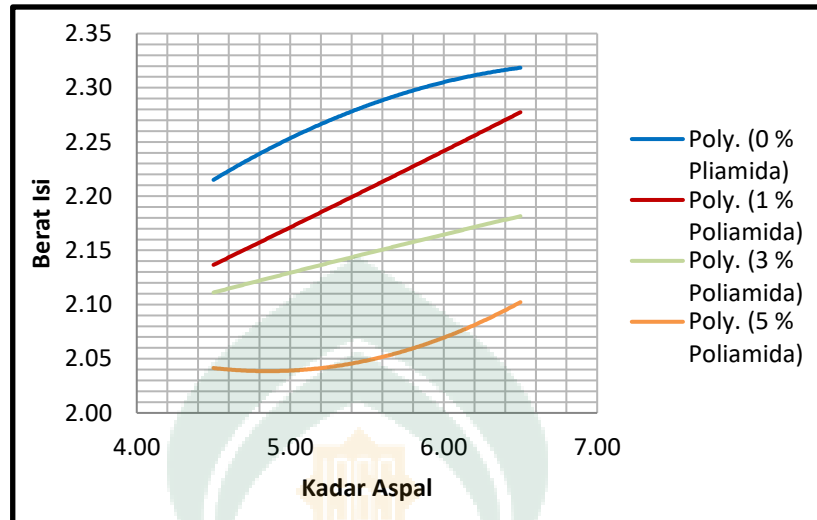
Grafik 4.2 Penetuan Kadar Aspal Optimum

Dari analisis volumetrik, Kadar aspal optimum pada Grafik 4.2 memperlihatkan nilai KAO Adalah 5,95. Nilai ini ditentukan dari nilai kadar tengah antara rentang kadar aspal maksimum dan minimum yang memenuhi persyaratan spesifikasi.

4.2.5 Parameter Marshall

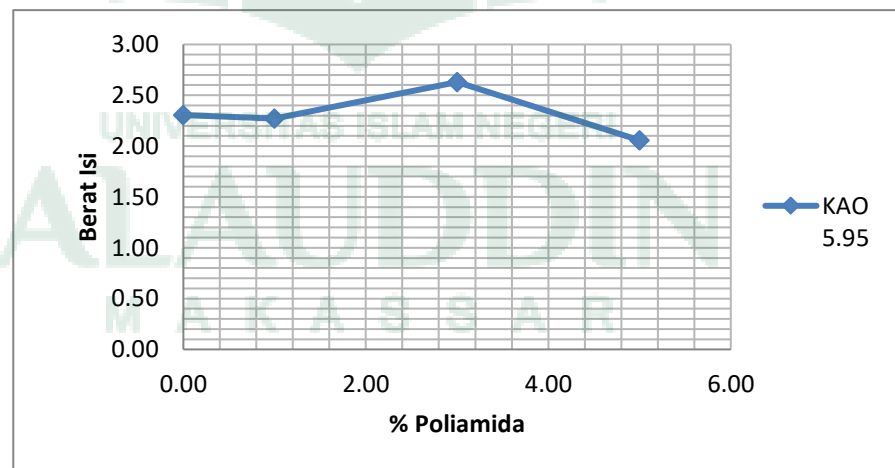
1. Berat Isi

Untuk penjelasan mengenai nilai Berat Isi dapat dilihat pada Grafik berikut :



Grafik 4.3 Hubungan Kadar Aspal dengan Berat Isi

Untuk berat isi (densitas) pada grafik 4.3 Terlihat bahwa penambahan Plastik *Poliamida* mempengaruhi nilai berat isi sehingga nilainya menurun tetapi untuk penambahan kadar aspal tetap meningkat.



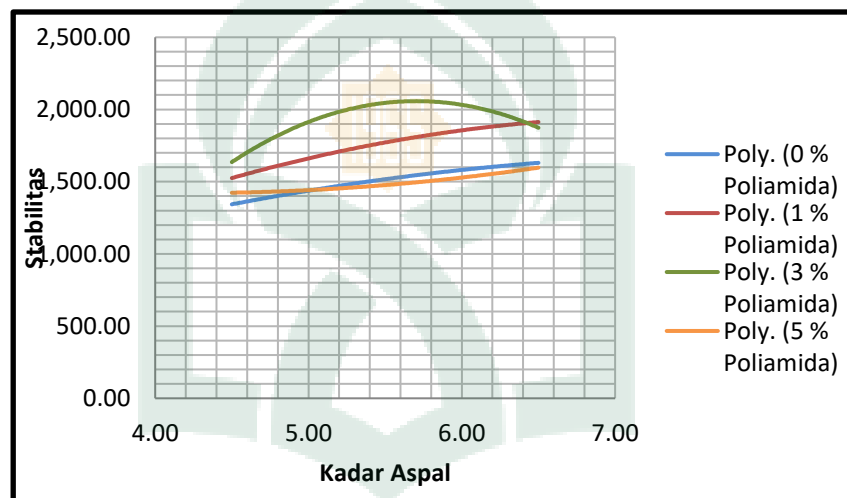
Grafik 4.4 Hubungan Berat Isi dengan Variasi Penambahan Plastik *Poliamida* pada KAO 5.95

Pada grafik 4.4 memperlihatkan nilai berat isi dengan menambahkan plastik *poliamida* sangat mempengaruhi nilai Berat Isi dengan KAO 5.95. untuk 0 %

Poliamida nilai berat isi adalah 2.305, 1 % *Poliamida* 2.27, 3 % *Poliamida* 3.63 dan 5 % *Poliamida* adalah 2.05 sehingga nilai tertinggi berada di 3 % *Poliamida* sedangkan terendah yaitu 5 %.

2. Stabilitas

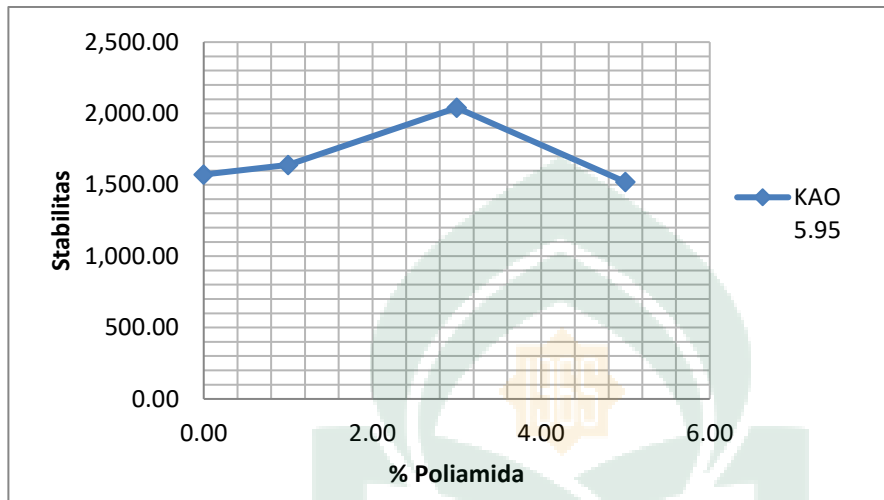
Pengujian stabilitas untuk mengukur ketahanan campuran terhadap besarnya pembebanan.



Grafik 4.5 : Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas pada Variasi Plastik Poliamida.

Untuk penambahan plastik *Poliamida* dalam campuran beton aspal berakibat peningkatan nilai VFA memberikan pengaruh positif terhadap nilai stabilitas yang dihasilkan. Nampak bahwa semakin banyak penambahan plastik *poliamida* pada campuran beton aspal semakin meningkat nilai stabilitas yang dihasilkan tetapi tidak untuk penambahan 5 % poliamida. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan poliamida pada campuran beton aspal dapat meningkatkan kemampuan perkerasan lentur dalam menahan deformasi akibat beban lalu lintas di atas, penambahan poliamida juga memiliki batas optimum tertentu. Penambahan kadar aspal pada campuran beton aspal dapat meningkatkan nilai stabilitas, tapi bila berlebihan akan mudah berdeformasi, akibatnya nilai stabilitasnya turun. Pada penelitian sebelumnya

untuk variasi penambahan LLDPE memberikan peningkatan untuk nilai stabilitas hingga 9 % LLDPE.

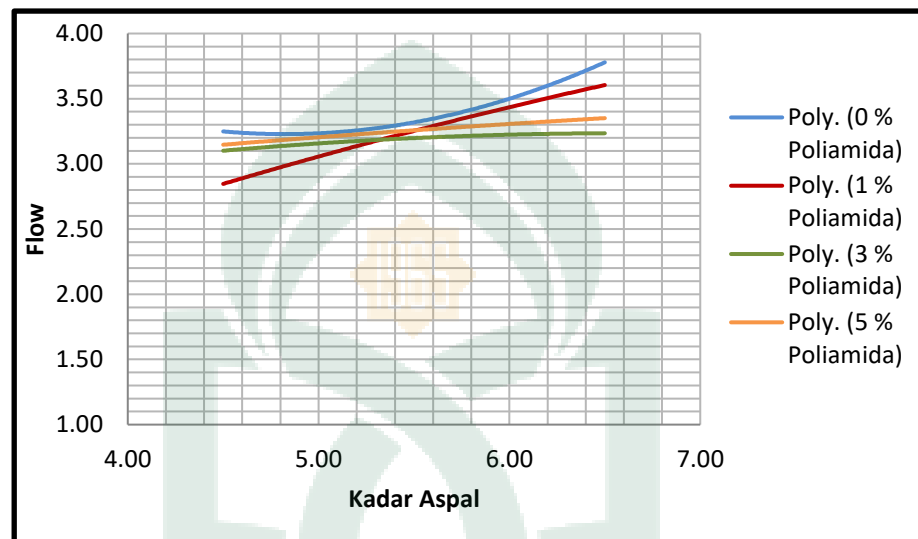


Grafik 4.6 Hubungan Stabilitas dengan Variasi Penambahan Plastik *Poliamida* pada KAO 5.95

Pada grafik 4.6 Bahwa variasi penambahan plastik Poliamida pada KAO 5.59 Meningkatkan nilai stabilitas untuk 1% Plastik Poliamida dan 3 % Plastik *Poliamida* tetapi tidak untuk 5 % Plastik *Poliamida* yang dimana nilai stabilitasnya menurun. Bila di bandingkan dengan penelitian sebelumnya yang menggunakan plastik *Low Linier Density Poly Ethylene* (LLDPE) ternyata plastik Poliamida (PA) memiliki nilai stsbilitas lebih besar.

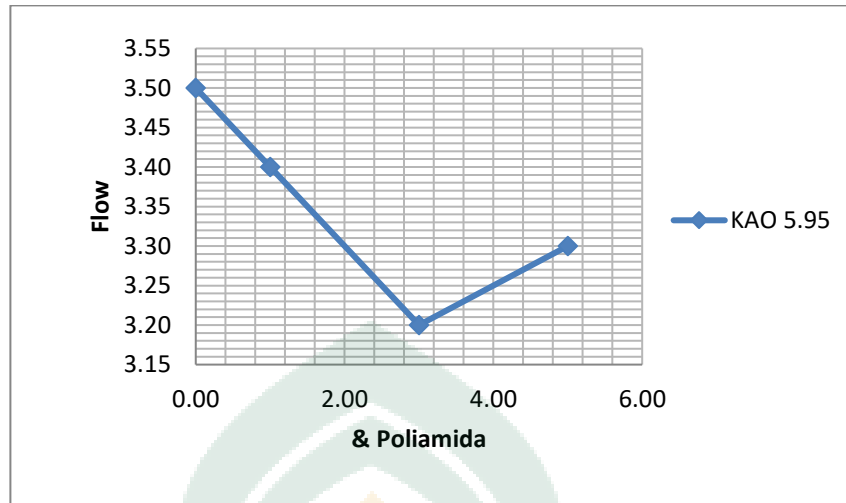
3. Flow

Nilai *flow* pada *flometer*, yang dibaca pada nilai dial pengukuran saat keruntuhan. Nilai flow digunakan untuk mengukur deformasi yang terjadi akibat pembebanan.



Grafik 4.7 Hubungan Kadar Aspal dengan *Flow*

Untuk nilai *flow* sebenarnya di pengaruhi dengan nilai stabilitas yaitu makin tinggi nilai stabilitas makin makin meningkat pula nilai *flow*. Pada grafik 4.7 memperlihatkan bahwa pada peningkatan kadar aspal untuk nilai *flow* makin meningkat tetapi tidak halnya dengan penambahan plastik Poliamida yaitu nilainya menurun. Pada dasarnya tidak selamanya nilai *flow* meningkat karena nilai stabilitas yang meningkat sebenarnya ada beberapa faktor lain yang meningkatkan nilai *flow* tersebut.

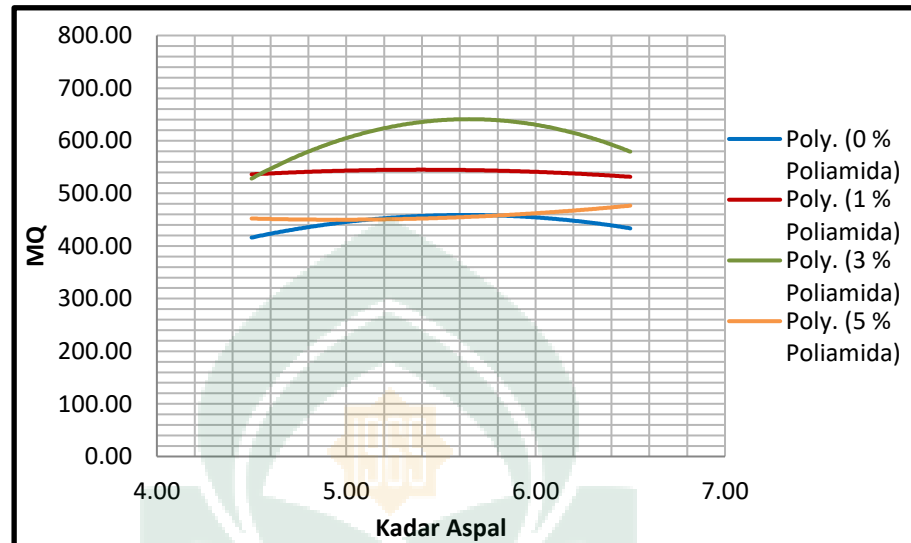


Grafik 4.8 : Hubungan Flow dengan Variasi Penambahan Plastik *Poliamida* pada KAO 5.95

Untuk nilai *flow* pada Grafik 4.8 memperlihatkan bahwa penambahan plastik *Poliamida* pada KAO 5.95 untuk 1% plastik *Poliamida* dan 3 % plastik *Poliamida* menurun sedangkan 5% plastik *Poliamida* meningkat. Dengan nilai seperti ini memberikan asumsi bawah peningkatan nilai *flow* tidak berpengaruh pada variasi penambahan palstik *Poliamida*.

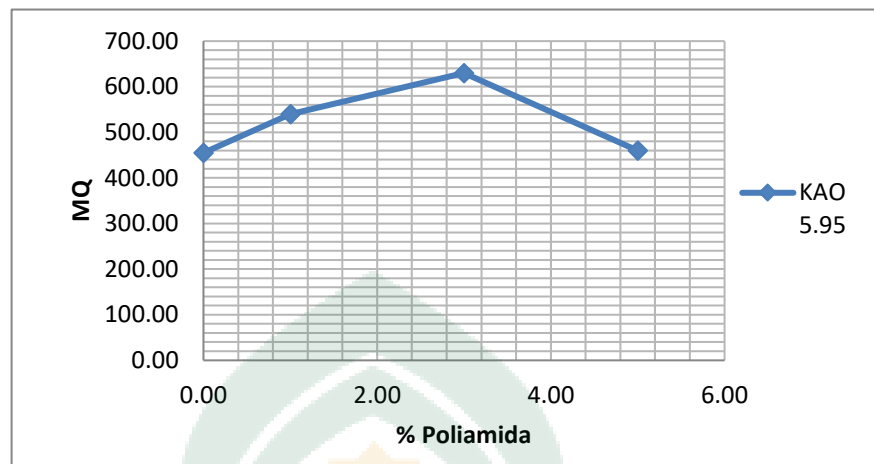
4 MQ

Spesifikasi yang disyaratkan nilai MQ minimal adalah 250 kg/mm.



Grafik 4.9 Hubungan Kadar Aspal dengan MQ

Nilai Marshall (MQ) yang dihasilkan oleh campuran beton aspal dengan penambahan Poliamida lebih besar daripada campuran aspal normal artinya lapis perkerasan lentur yang dihasilkan oleh campuran beton aspal dengan penambahan Poliamida lebih kaku daripada campuran beton aspal normal tetapi tidak untuk penambahan 5 % plastik *poliamida* karena nilainya menurun. Kelakuan ini diakibatkan oleh sifat *poliamida* yang lembek pada suhu tinggi dan akan mengeras pada suhu rendah. Namun demikian penambahan kadar aspal ke dalam campuran dapat menurunkan nilai kekakuan perkerasan tersebut.

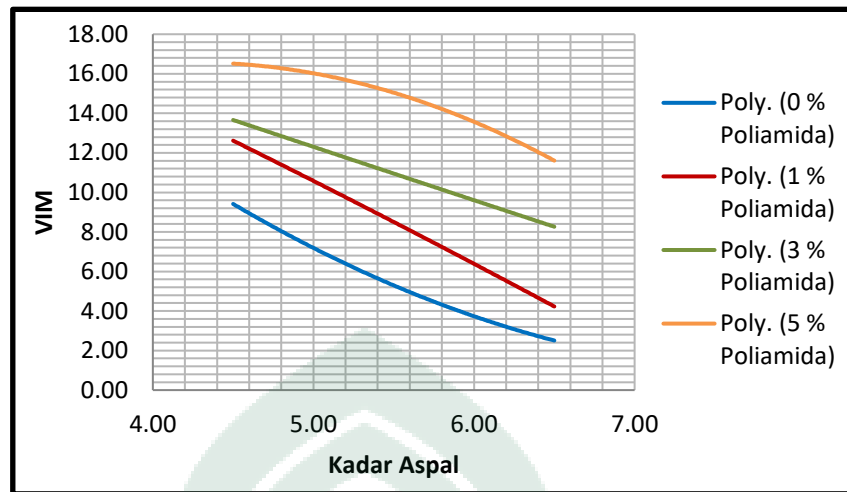


Grafik 4.10 Hubungan MQ dengan Variasi Penambahan Plastik *Poliamida* pada KAO 5.95

Pada Grafik 4.10 memperlihatkan hubungan nilai MQ dengan variasi penambahan plastik *Poliamida* pada KAO 5.95 yaitu semakin besar % penambahan plastik *poliamida* maka semakin besar pula nilai MQ nya tetapi peningkatan ini memiliki batas optimum, dimana pada penambahan 5 % *poliamida* menurunkan nilai MQnya. Lain halnya dengan penelitian sebelumnya dimana nilai MQ terus meningkat pada penambahan LLDPE.

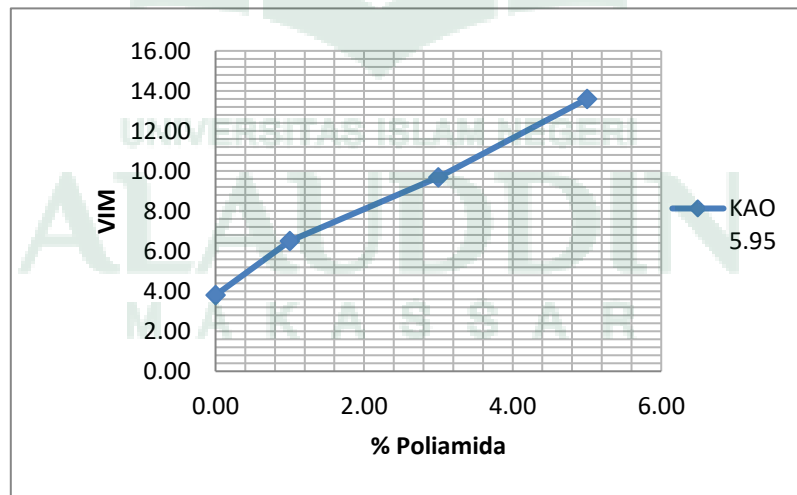
5 VIM

Dalam campuran perkerasan beraspal terdapat ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti oleh aspal.



Grafik 4.11 Hubungan Kadar Aspal dengan VIM

Pada Grafik 4.11 Memperlihatkan pengaruh penambahan Plastik *poliamida* yang di mana meningkatkan nilai VIM. Semakin tinggi nilai VIM menunjukan semakin besar rongga dalam campuran.

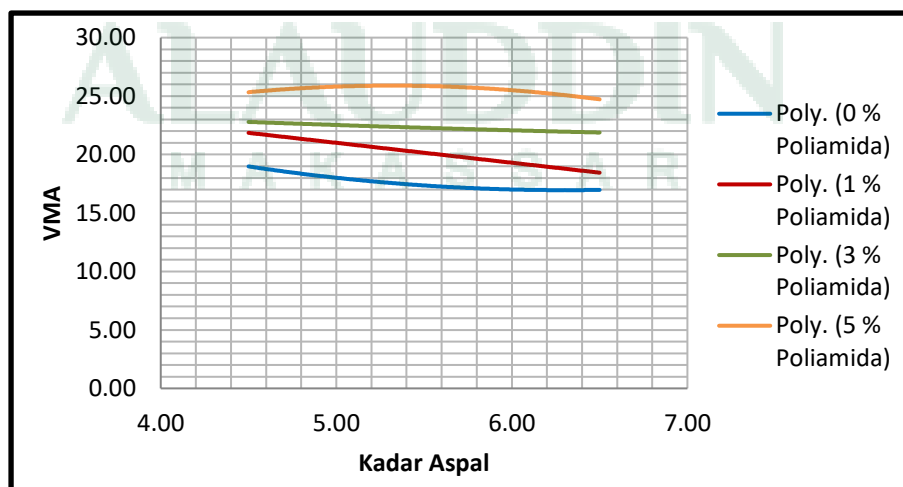


Grafik 4.12 Hubungan VIM dengan Variasi Penambahan Plastik *Poliamida* pada KAO 5.95

Pada Grafik 4.12 Memperlihatkan pengaruh penambahan plastik *poliamida* Pada KAO dengan nilai VIM yang di mana terjadi penimngkatan nilai VIM. Semakin tinggi nilai VIM menunjukan semakin besar rongga dalam campuran, sehingga campuran bersifat pourus(berpori atau cenderung getas). Hal ini mengakibatkan campuran mejadi kurang rapat, sehingga air dan udara mudah memasuki rongga-rongga dalam campuran yang menyebabkan aspal mudah teroksidasi. Begitupun dengan penelitian sebelumnya pada penambahan LLDPE yang meningkatkan nilai VIM Tetapi Nilainya lebih rendah bila dibandingkan dengan Plastik Poliamida (PA). ini di karenakan senyawa asam karboksilat yang terdapat pada Nylon atau Poliamida (PA) merupakan senyawa polar dan membentuk ikatan hidrogen satu sama lain berbeda halnya dengan Hidrokarbon yang terdapat di aspal merupakan senyawa non polar.

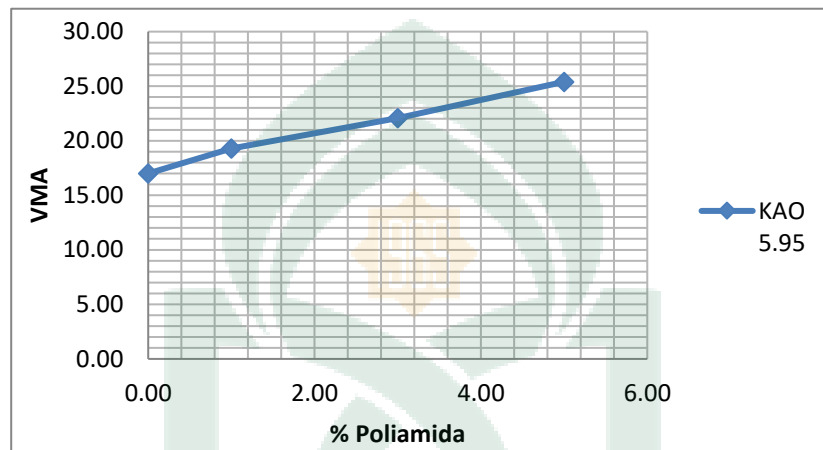
6 VMA

VMA (*Void in Mineral Aggregate*) adalah ruang rongga diantara butiran agregat pada suatu perkerasan, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif(tidar termasuk volume aspal yang di serap oleh agregat).



Grafik 4.13 : Hubungan Kadar Aspal dengan VMA

Hubungan kadar aspal dan variasi penambahan plastik poliamida pada pengujian campuran aspal beton terhadap nilai VMA dapat dilihat pada Grafik 4.13 yaitu semakin tinggi kadar aspal dan Variasi penambahan plastik Poliamida maka nilai VMA makin menurun tapi tidak terlalu signifikan

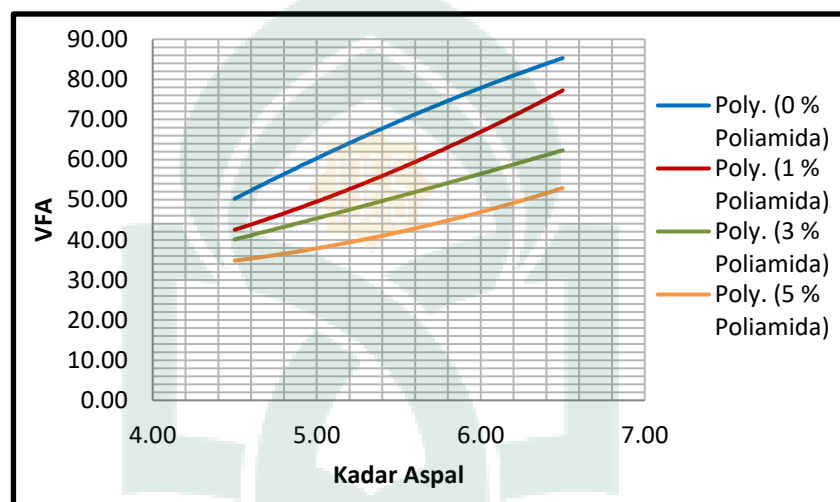


Grafik 4.14 Hubungan VMA dengan Variasi Penambahan Plastik *Poliamida* pada KAO 5.95.

Hubungan Nilai VMA Terhadap Variasi penambahan Plastik *Poliamida* pada KAO 5.95 bisa dilihat Grafik 4.14 yaitu makin tinggi penambahan plastik *poliamida* pada KAO 5.95 maka makin tinggi pula nilai VMA. Sama halnya dengan penelitian sebelumnya dengan penambahan LLDPE yaitu meningkatkan nilai VFA.

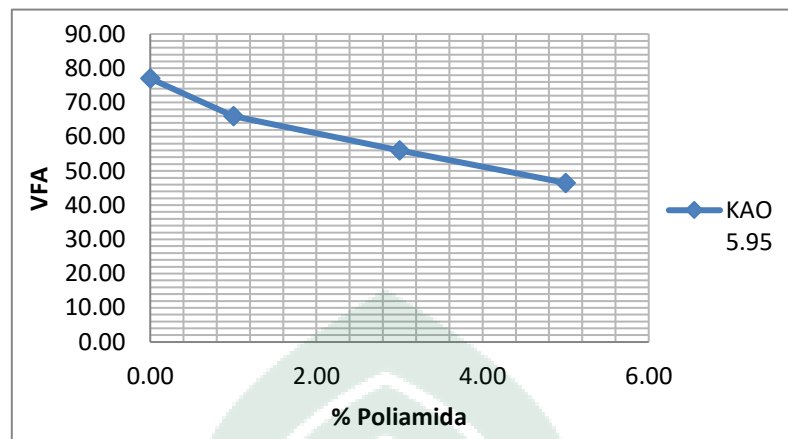
7 VFA

VFA (Void Filled With Asphalt) adalah persentase rongga yang terdapat diantara agregat yang terisi oleh aspal, dalam hal ini tidak termasuk pada aspal yang diserap oleh rongg agregat.



Grafik 4.15 : Hubungan kadar dengan VFA.

Hubungan kadar aspal dan variasi penambahn Plastik Poliamida pada pengujian campuran aspal beton terhadap nilai VFA dapat dilihat pada Grafik 4.15 makin tinggi kadar aspal dan variasi penambahan plastik *Poliamida* maka semakin tinggi juga nilai VFA.



Grafik 4.16 Hubungan VFA dengan Variasi Penambahan Plastik *Poliamida* pada KAO 5.95.

Pada (Grafik 4.16) Hubungan VFA dengan Variasi Penambahan plastik *poliamida* pada KAO 5.95 yaitu semakin tinggi persen penambahan plastik *poliamida* maka nilai VFA semakin menurun. Pada penelitian sebelumnya pada penambahan LLDPE juga menurunkan nilai VFA tetapi tidak terlalu signifikan.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Proses pembuatan aspal beton AC-WC dengan penambahan plastik poliamida pada penelitian ini yaitu sebelum pembuatan benda uji pada parameter *Marshall*, terlebih dahulu menguji bahan-bahan yang akan digunakan pada pembuatan benda uji yaitu sebagai berikut:
 - a. Pengujian Aspal yang terdiri dari titik leleh, penetrasi, daktilitas, berat jenis dan kehilangan berat.
 - b. Pengujian agregat (agregat kasar terdiri dari berat jenis bulk, berat jenis ssd, berat jenis semu, penyerapan dan keausan dan agregat halus terdiri dari berat jenis bulk, berat jenis ssd, berat jenis semu, penyerapan).

Selanjutnya pembuatan benda uji dan melakukan uji *marshall* untuk mendapatkan nilai parameter marshall yang terdiri dari stabilitas, *flow*, MQ, density, VIM, VMA dan VFA.

2. Pengaruh variasi penambahan plastik poliamida dengan uji parameter marshall pada aspal beton AC-WC yaitu pada nilai Stabilitas mengalami peningkatan pada penambahan *poliamida* 1% dengan nilai 1640 kg, dan 3 % dengan nilai 2040 kg dan mengalami penurunan pada 5 % dengan nilai 1520 kg ini terjadi karena pengaruh dari sifat poliamida yaitu kuat dan lentur. Pada nilai *flow* mengalami penurunan untuk *poliamida* 1 % dengan nilai 3,40 mm, dan 3 % dengan nilai 3.20 mm tetapi mengalami peningkatan pada *poliamida* 5% dengan nilai 3.30 mm. Untuk nilai MQ terjadi peningkatan pada penambahan *poliamida* 1 % dengan nilai 540 kg/mm dan 3% dengan nilai 630 kg/mm tetapi mengalami penurunan *poliamida* 5% dengan nilai 460 kg/mm. Selanjutnya untuk nilai VIM mengalami peningkatan pada tiap penambahan *poliamida* pada 1% dengan nilai 6,59 3%

dengan nilai 9,68 dan 5% dengan nilai 13,60. Semakin tinggi nilai VIM menunjukkan semakin besar rongga dalam campuran, sehingga campuran bersifat pourus (berpori atau cenderung getas). Hal ini mengakibatkan campuran menjadi kurang rapat, sehingga air dan udara mudah memasuki rongga-rongga dalam campuran yang menyebabkan aspal mudah teroksidasi. Begitupun nilai VMA juga mengalami peningkatan pada tiap penambahan *poliamida* 1% dengan nilai 19,30 3% dengan nilai 22,08 dan 5% dengan nilai 25,40 dan untuk nilai VFA mengalami penurunan dengan nilai pada penambahan *poliamida* 1% dengan nilai 66 3% dengan nilai 56 dan 5% dengan nilai 46,50.

5.2. Saran

Saran yang penulis usulkan untuk dijadikan bahan pertimbangan adalah sebagai berikut :

1. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya pada aspal dengan penambahan *poliamida* dijadikan sebagai pengganti Agregat Halus pada komposisinya. Karena untuk plastik jenis *poliamida* berbeda dengan plastik pada umumnya yang dimana berat jenisnya itu diatas 1 sehingga massanya tidak bisa diabaikan sedangkan plastik jenis lainnya yaitu di bawah 1 sehingga massanya dapat diabaikan.
2. Sebaiknya alat *marshall* yang digunakan adalah alat marshall digital supaya mudah dan akurat untuk mendapatkan nilai Stabilitas dan Flownya.
3. Untuk selanjutnya tinggal mencari material yang bisa di campurkan agar nilai VIM nya rendah.

DAFTAR PUSTAKA

Al- Maragi, Ahmad Mustafa. 1992. *Tafsir Al – Maragi Juz VII*. Semarang: PT. Karya Toha Putra.

Anita Intan Nura Diana dan Subaidillah Fansuri. 2018. *KARAKTERISTIK KOMODITAS BATU KERIKIL DAN PASIR HITAM UNTUK BANGUNAN KABUPATEN SUMENEP Vol 2 No 2*. Universitas Wiraraja Sumenep.

Aqif, Muhammad. 2012. *Optimasi Kadar Aspal Beton Ac 60/70 Terhadap Karakteristik Marshall Pada Lalu Lintas Berat Menggunakan Material Lokal Bantak*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.

Bina Marga 2010. *Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2010 Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum Revisi 3*. Makassar.

DR. Abdullah bin Muhammad. 2010. *Lubaabut Tafsir Min Ibni Katsir*. Kairo: Pustaka Imam Asy-Syafi'i.

Fatmawati, Leily. 2013. *Karakteristik Marshall dalam Aspal Campuran Panas AC-WC terhadap Variasi Temperatur Perendaman*. Politeknik Negeri Semarang, Semarang.

Febrianto, Nugroho dkk. 2014. *Sifat-Sifat Marshall pada Lapis Tipis Campuran Asal Panas dengan Penambahan Crumb rubber*. Universitas Sebelas Maret, Surakarta

Firdaus,Zubaily dkk.2017. Parameter Marshall beton Aspal AC-WC menggunakan Material Daur Ulang (Study Kasus : Bongkaran Jalan Simpang Dama Kabupaten Aceh Utara). Politeknik Negeri Lhokseumawe, Aceh

Fitri, Suraya dkk. 2018. *Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Keresek Sebagai Substitusi Aspal Penetrasi 60/70 terhadap Karakteristik Campuran Laston AC-WC*. Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.

Gunadi Dwi Andy Made, dkk.2013. *ANALISIS KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL BETON LAPIS AUS (AC-WC) DENGAN MENGGUNAKAN PLASTIK BEKAS SEBAGAI BAHAN PENGGANTI SEBAGIAN AGREGAT Vol 17, No2*.Universitas Udayana.

Pratomo, Priyo dkk. 2016. *Aspal Modifikasi dengan Penambahan Plastik Low Linier Density Poly Ethylene (LLDPE) Ditinjau dari Karakteristik Marshall dan Uji Penetrasi pada Lapisan Aspal Beton (AC-WC)*jurnal Rekayasa Vol 20. No 3. Universitas Lampung, Lampung

Shihab, M. Quraish. 2002. *Tafsir Al – Mishbah: Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an / M. Quraish Shihab 15 Vol; 24 cm*. Jakarta: Lentera Hati.

Syaifuddin dan Haslina.2013. *ANALISA PARAMETER MARSHALL ASPAL BETON AC-WA DENGAN MENGUNAKAN CAMPURAN RETONA BLEND 55 DAN ASPAL PEN 60/70 Vol 5 . No 2*. Politeknik Negeri Lhokseumawe, Aceh

Muaya, George Stefen dkk. 2015. *Pengaruh Terendamnya Perkerasan Aspal oleh Air Laut yang Ditinjau terhadap Karakteristik Marshall*. Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Mardiyah, Nisa dan Puteri Aulia Rahmah. 2013. *Perlakuan Bahan Nylon, Polycarbonat, Teflon (PTFE)*. Politeknik Negeri Bandung, Bandung.

Mujiarto, Iman. 2005. *Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif*. Semarang.

Palmer, R. J. 2001. *Polyamides, Plastics. Encyclopedia Of Polymer Science and Technology*. [doi:10.1002/0471440264.pst251](https://doi.org/10.1002/0471440264.pst251)

Riadi, Muchlisin. 2019. *Fungsi, Sifat, Jenis dan Analisis Pengujian Aspal*. <https://www.kajianpustaka.com/2019/03/fungsi-sifat-jenis-dan-analisis.html> (diakses pada 12 November 2019).

Susanto, Iwan dan Suryana Nyoman. 2019. *Evaluasi Kinerja Campuran Berasapal Lapis Atas (AC-WC) dengan Bahan Tambah Limbah Plastik Kresek* Vol 17.No 2. Balai Litbang Perkerasan Jalan, Pusat Litbang Jalan & Jembatan, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Widayanti, Ari dkk. 2017. *Karakteristik Material Pembentuk Reclaimed Aspal dari Jalan Nasional di Provinsi Jawa Timur*. Jawa Timur.

LAMPIRAN

1. Pengujian Aspal Padat

a. berat jenis

$$\begin{aligned}\text{Dik : Berat Aspal} &= \text{berat pik. + aspal} - \text{Berat Pik kosong} \\ &= 63,8522 - 50,7881 \\ &= 13,0641\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{B} &= \text{Berat pik+ air} - \text{Berat Pik} \\ &= 79,6041 - 50,7881 \\ &= 28,8160\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{C} &= \text{Berat pik+ air + aspal} - \text{Berat Pik} \\ &= 80,1254 - 63,8522 \\ &= 16,2732\end{aligned}$$

Dit : ... ?

$$\begin{aligned}\text{Bj} &= \frac{\text{Berat Aspal}}{\text{B}-\text{C}} \dots\dots\dots (2.1) \\ &= \frac{13,0641}{28,8160-16,2732} \\ &= 1,0416 \text{ gr/ml}\end{aligned}$$

b. Kehilangan Berat

$$\begin{aligned}\text{Dik : Z} &= \text{Cawan + aspal keras} \\ &= 188,320\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Y} &= \text{Cawan Kosong} \\ &= 121,960\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{AK} &= \text{Aspal Keras} \\ &= \text{Z} - \text{Y} \\ &= 188,320 - 121,960 \\ &= 66,360\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M &= \text{Berat sebelum pemanasan} - \text{Berat sesudah dipanaskan} \\
 &= 188,320 - 188,080 \\
 &= 0,24 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

Dit : ...?

$$KB = \frac{M}{AK} \times 100 \% \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

$$\begin{aligned}
 KB &= \frac{0,24}{66,360} \times 100\% \\
 &= 0,36 \%
 \end{aligned}$$

2. Pengujian Agregat

a. Agregat Halus

$$\begin{aligned}
 \text{Dik : } 500 &= \text{Berat benda uji kering permukaan} \\
 &= 279,10
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 BK &= \text{Berat benda uji kering oven} \\
 &= 273,20
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B &= \text{Berat piknometer diisi air} \\
 &= 290,00
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Bt &= \text{Berat pik. Benda Uji (SSD) + air} \\
 &= 459,70
 \end{aligned}$$

Dit :

$$\begin{aligned}
 BJ \text{ Bulk} &= \frac{BK}{B+500-Bt} \quad \dots\dots (2.8) \\
 &= \frac{273,20}{290+279,10-459,70} \\
 &= 2,497
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat Kerring permukaan} &= \frac{500}{B+500-B_t} \dots\dots (2.9) \\
 &= \frac{279,10}{290+279,10-459,70} \\
 &= 2,497
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BJ semu} &= \frac{BK}{B+BK-B_t} \dots\dots (2.10) \\
 &= \frac{273,20}{290+273,20-459,70} \\
 &= 2,64
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Penyerapan (Absorbtion)} &= \frac{500-BK}{BK} \times 100\% \dots\dots (2.11) \\
 &= \frac{279,10-273,20}{273,20} \times 100\% \\
 &= 2,160 \%
 \end{aligned}$$

b. Agregat kasar

Dik : A = Berat SSD diudara
= 2500

B = Berat SSD didalam air
= 1554

C = Berat kering.
= 2454

Dit ?

$$\begin{aligned}
 \text{BJ Bulk} &= \frac{C}{A-B} \dots\dots (2.3) \\
 &= \frac{2454}{2500-1554} \\
 &= 2,594
 \end{aligned}$$

$$\text{Berat Kering permukaan} = \frac{A}{A-B} \dots\dots (2.4)$$

$$= \frac{2500}{2500-1554}$$

$$= 2,643$$

$$BJ \text{ semu} = \frac{C}{C-B} \quad \dots\dots (2.5)$$

$$= \frac{2454}{2454-1554}$$

$$= 2,727$$

$$\text{Penyerapan (Absorbtion)} = \frac{A-C}{C} \times 100 \quad \dots\dots (2.6)$$

$$= \frac{2500-2454}{2454} \times 100$$

$$= 1,874$$

Persamaan Nilai Keausan

$$\text{keausan} = \frac{\text{Berat Benda Uji} - \text{Berat Tertahan Saringan No.12}}{\text{Berat Benda Uji}} \times 100 \%$$

$$\text{keausan} = \frac{5000-3673,6}{5000} \times 100 \%$$

$$= 26.5 \%$$

3. Penentuan kadar aspal optimum(KAO)

Melakukan analisa perhitungan komposisi yang ideal dan memenuhi persyaratan spesifikasi. Komposisi didapat dari hasil *trial and error* dan didasarkan pada nilai spesifikasi pada campuran beraspal tipe AC-WC. Berikut cara menghitung perkiraan awal kadar aspal optimum (Pb) dengan persamaan sebagai berikut :

$$Pb = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\% FF) + \text{Konstanta} \quad ()$$

Keterangan:

Pb : Kadar aspal tengah/ideal, persen terhadap berat campuran

CA : Persen agregat tertahan saringan No.8 (2,36 mm)

- FA : Persen agregat lolos saringan No.8 (2,36 mm) dan tertahan saringan No.200 (0,075 mm)
- Filler : Persen agregat minimal 75 % lolos No.200 (0,075 mm)
- K : Nilai Konstanta untuk besar nilai konstanta diperkirakan antara 0,5 sampai 1,0 untuk Laston

Perhitungan kadar aspal optimum rencana disajikan sebagai berikut ini:

$$\text{Dik} = \text{CA} = \text{LA Max-No 8}$$

$$= 100 - 34,46$$

$$= 65,54$$

$$\text{FA} = \text{No 8} - \text{No 200}$$

$$= 34,46 - 8,47$$

$$= 25,99$$

$$\text{FF} = \text{No 200}$$

$$= 8,47$$

$$\text{Pb} = 0,035 (\text{CA}) + 0,045 (\text{FA}) + 0,18 (\text{FF}) + \text{K}$$

$$= 0,035 (65,54) + 0,045 (25,99) + 0,18 (8,47) + \text{K}$$

$$= 2,2939 + 1,16955 + 1,5246 + \text{K}$$

$$= 4,98805$$

$$= 5,0 + 0,5$$

$$= 5,5$$

$$\text{Untuk Pb-1} = 4,5$$

$$\frac{100 - 4,5}{100} = 0,955$$

$$0,955 \times 1200 = 1146$$

Untuk persentasi komposisi agregat gabungan agar bisa membuat desain komposisi AC-WC

$$\frac{1}{2} = 100 - 93,17 = 7 \%$$

$$\frac{3}{8} = 93,17 - 88,51 = 5 \%$$

$$4 = 88,51 - 34,46 = 26 \%$$

$$\text{Semen} = 2 \%$$

$$L4 = 100 \% - 7\% - 5\% - 26 \% - 2 \% = 60 \%$$

$$\text{Pb-1} = 4,5 = 1146 \times 7\%$$

$$= 80,22 + 106,5 \text{ (berat talan)}$$

$$= 186,7$$

$$\text{Pb-1} = 4,5 = 1146 \times 5 \%$$

$$= 57,3 + 186,7$$

$$= 244$$

$$\text{Pb-1} = 4,5 = 1146 \times 26 \%$$

$$= 297,96 + 244$$

$$= 542$$

$$\text{Pb-1} = 4,5 = 1146 \times 60 \%$$

$$= 687,6 + 542$$

$$= 1229,6$$

$$\text{Pb-1} = 4,5 = 1146 \times 2 \%$$

$$= 22,92 + 1229,6$$

$$= 1252,5$$

$$\text{Pb-1} = 4,5 = 1146 \times 1\% \text{ (poliamida)}$$

$$= 11,5$$

4. Persamaan untuk menentukan Parameter Marshall

Dik: Berat uji benda kering = 1174.00

Berat Uji Benda Keadaan Jenuh = 1181.40

Berat Uji Benda Dalam Air = 651.40

BJ Aspal = 1.0415

$$\begin{aligned} \text{BJ Bulk Agg} &= \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_2} + \frac{P_2}{G_2} + \dots + \frac{P_n}{G_n}} \dots (2.18) \\ &= 2.560 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{GMM} &= \frac{100}{\frac{100 - K_A}{B_j \text{ Eff}} + \frac{K_A}{B_j \text{ Asp}}} \dots (2.20) \\ &= 2.411 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BJ Eff Agre} &= \frac{100 - K_A}{\frac{100}{G_{mm}} - \frac{K_A}{B_j \text{ Apl}}} \dots (2.19) \\ &= 2.611 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Absorpsi Aspal} &= 100 \times \frac{B_j \text{ Eff Agg} - B_j \text{ Bulk}}{B_j \text{ Eff Agg} \times B_j \text{ Bulk}} \times B_j \text{ Asp} \quad (2.21) \\ &= 0.795 \end{aligned}$$

Dit....?

1. Isi Benda Uji = Berat Uji Benda Keadaan jenuh - Berat Uji Benda Dalam air

$$= 1181.40 - 651.40$$

$$= 520.85$$

$$\begin{aligned}
 2. \text{ Berat Isi} &= \text{Berat Uji Benda Kering} / \text{Isi Benda Uji} \quad \dots (2.14) \\
 &= 520.85 / 1174.00 \\
 &= 2.215
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 3. \text{ VMA} &= 100 - \left[\frac{((100 - KA) \times \text{Berat isi Benda Uji})}{\text{BJ Eff. Agg}} \right] \quad \dots (2.15) \\
 &= 100 - \left[\frac{((100 - 4.5) \times 2.215)}{2.611} \right] \\
 &= 18.98
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 4. \text{ VIM} &= 100 - \left[\frac{(100 \times \text{Berat isi Benda Uji})}{\text{BJ Eff. Agg}} \right] \quad \dots (2.16) \\
 &= 100 - \left[\frac{100 \times 2.215}{2.611} \right] \\
 &= 9.41
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 5. \text{ VFB} &= 100 \times \frac{(\text{VMA} - \text{VIM})}{\text{VMA}} \quad \dots (2.17) \\
 &= 100 \times \frac{(18.98 - 9.41)}{18.98} \\
 &= 50.42
 \end{aligned}$$

4. Uji Marshall

Dik Kalibrasi Prov Ring = 9.416

Koreksi benda Uji(q) = 0.89

Lbs ke Kg = 0.454

Lbs ke mm = 0.0254

Nilai Sabilitas yang terbaca (p) = 340.50 Lbs × 9.416

Nilai Flow Yang terbaca(Y) = 124.5 Lbs

Dit

$$1. \text{ Stabilitas} = p \times q \dots\dots\dots (2.12)$$

$$= (340.50 \times 9.416) \times 1$$

$$= 2853,47 \text{ lbs}$$

$$= 1455.59 \text{ kg}$$

$$2. \text{ Flow} = Y \times 0.0254$$

$$= 124.5 \text{ lbs}$$

$$= 3.16 \text{ mm}$$

$$3. \text{ MQ} = \text{Stabilitas} / \text{Flow}$$

$$= 1455.59 / 3.16$$

$$= 460.63 \text{ kg/mm}$$

LAMPIRAN FOTO

1. Pengujian Aspal



Aspal Pen 60/70



Plastik Poliamida



Pengujian titik lembek



Pemanasan Aspal



Pembuatan sampel Pengujian aspal



Pengujian Berat Jenis



Pengujian Daktilitas



Pengujian Kehilangan berat



Pemanasan untuk Pengujian Kehilangan Berat



Pengujian Penetrasi

2. Pengujian Agregat



Pengujian Keausan Agrgat Kasar



SSD Agregar Halus



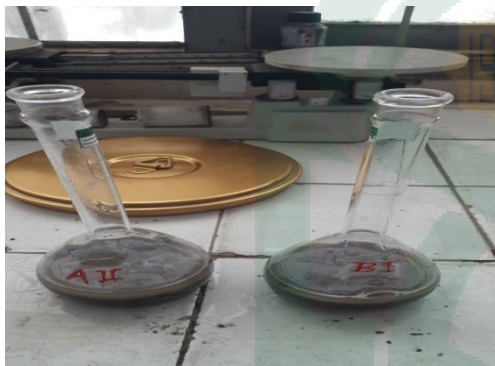
Vakum Gauss



Pencucian Agregat Kasar



Pengujian Agrgat Kasar



Pengujian Agregat Halus



SSD Agregat Kasar dan Halus



Pengujian Keausan Agregat Kasar

3. Pembuatan Benda Uji



menimbang Komposisi



memanaskan agregat



mencampurkan aspal ke agregat



mencampurkan Plastik Poliamida



Marshall automatic compactor,



wadah cetak benda uji berbentuk silinder



Briquet tanpa Poliamida



Briquet dengan Poliamida



Uji Marshall

UNIVERSITAS ALAUDDIN NEGERI
ALAUDDIN
 MAKASSAR

BIODATA PENULIS



Sudarman adalah Nama penulis skripsi ini. Penulis lahir dari orang tua Beddu dan Hj. Sennaini sebagai anak ke-tujuh dari tujuh bersaudara. Penulis dilahirkan di Desa Sei.Pancang, Kecamatan Sebatik Kabupaten Nunukan Kalimantan Utara. Penulis Menempuh pendidikan dimulai dari MIAS Sei. Pancang (*lulus tahun 2010*), melanjutkan ke SMP Negeri 1 Sebatik (*lulus tahun 2013*) dan SMA Negeri

1 Sebatik (*lulus tahun 2016*) lalu melanjutkan ke perguruan tinggi negeri di Makassar yaitu Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar jurusan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi.

Penulis juga aktif di dunia pergerakan atau organisasi. Dalam dunia pergerakan, penulis terlibat secara aktif di ikatan Pelajar Mahasiswa Sebatik (IPMS-Makassar). Sementara Pengalaman organisasi penulis dapatkan dari Himpunan Mahasiswa Jurusan Fisika (HMJ-Fisika) Dan Lembaga Dakwah Fakultas (LDF ULUL-ALBAB).

Dengan ketekunan motivasi tinggi untuk terus belajar dan berusaha, penulis telah berhasil menyelesaikan pengerjaan tugas akhir ini. Semoga dengan penulisan tugas akhir ini mampu memberikan kontribusi positif bagi dunia pendidikan.

Akhir kata penulis mengucapkan rasa syukur yang sebesar-besarnya atas terselesaikan skripsi yang berjudul **“Uji Parameter Marshall dengan Variasi Penambahan Plastik Poliamida pada Aspal Beton AC-WC”** di UPT Laboratorium Bina Marga dan Bina Kontruksi Prov Sulawesi Selatan dalam Upaya Mengurangi limbah Plastik jenis Poliamida.